Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 1950.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX-CENT-TRENTIÈME.

JANVIER — JUIN 1950.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1950

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1950

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie.*

MM.
HADAMARD (*Jacques*-Salomon), G. O. ✻.
BOREL (Félix-Edouard-Justin-*Émile*), G. O. ✻, ✠, ✠.
CARTAN (*Élie*-Joseph), C. ✻.
JULIA (*Gaston*-Maurice), C. ✻, ✠.
MONTEL (*Paul*-Antoine), C. ✻.
DENJOY (*Arnaud*), O. ✠.

SECTION II. — *Mécanique.*

VILLAT (*Henri*-René-Pierre), O. ✻.
CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. O. ✻, ✠.
PÉRÈS (*Joseph*-Jean-Camille), O. ✻.
VESSIOT (*Ernest*-Paulin-Joseph), C. ✻.
BEGHIN (*Henri*), C. ✻.
ROY (Paul-Mary-Ferdinand-*Maurice*), O. ✻.

SECTION III. — *Astronomie.*

ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), C. ✻.
MAURAIN (*Charles*), G. O. ✻
FAYET (*Gaston*-Jules), O. ✻.
CHAZY (*Jean*-François), O. ✻, ✠.
LYOT (*Bernard*-Ferdinand), ✻.
DANJON (*André*-Louis), O. ✻, ✠.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), G. O. ✻, ✠.
DURAND-VIEL (*Georges*-Edmond-Just), G. C. ✻, ✠, ✠.
BARRILLON (*Émile-Georges*), C. ✻.
MARTONNE (*Emmanuel*-Louis-Eugène DE), O. ✻.
COT (*Donatien*), C. ✻.
POIVILLIERS (*Georges*-Jean), O. ✻, ✠.

SECTION V. — *Physique générale.*

MM.
COTTON (*Aimé*-Auguste), C. ✻.
JOLIOT (*Frédéric*), C. ✻.
BECQUEREL (*Jean*-Antoine-Edmond-Marie), C. ✻.
CABANNES (*Jean*), O. ✻, ✠.
RIBAUD (*Gustave*-Marcel), O. ✻, ✠.
LEPRINCE-RINGUET (*Louis*-Marie-Edmond), ✻.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie.*

BERTRAND (*Gabriel*-Émile), C. ✻.
DELÉPINE (Stéphane-*Marcel*), O. ✻.
LEBEAU (*Paul*-Marie-Alfred), C. ✻.
JOLIBOIS (Médard-*Pierre*), O. ✻, ✠.
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), O. ✻.
DUFRAISSE (*Charles*-Robert), O. ✻.

SECTION VII. — *Minéralogie.*

JACOB (*Charles*-François-Étienne), O. ✻, ✠.
MAUGUIN (*Charles*-Victor), O. ✻.
GRANDJEAN (*François*-Alfred), O. ✻.
MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻.
MICHEL-LÉVY (*Albert*-Victor), C. ✻, ✠.
FALLOT (*Paul*), ✻.

SECTION VIII. — *Botanique.*

BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), O. ✻.
CHEVALIER (*Auguste*-Jean-Baptiste), C. ✻.
SOUÈGES (Étienne-Charles-*René*), ✻.
MAGROU (*Joseph*-Émile), O. ✻.
HEIM (*Roger*-Jean), ✻, ✠.
COMBES (*Raoul*-Pierre-Émile), O. ✻.

SECTION IX. — *Économie rurale.*

LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻.
LAPICQUE (*Louis*-Édouard), C. ✻, ✠.
SCHRIBAUX (Pierre-*Émile*-Laurent), C. ✻.

MM.
JAVILLIER (Jean-*Maurice*), C. ✻, ♆.
DEMOLON (*Albert*-Omer), O. ✻.
. . . .

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), C. ✻.
PÉREZ (*Charles*), C. ✻.
ROUBAUD (*Émile*-Charles-Camille), O. ✻.
WINTREBERT (*Paul*-Marie-Joseph), ✻.
FAGE (Baptiste-*Louis*), O. ✻.
GRASSÉ (*Pierre*-Paul), ✻.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

VINCENT (Jean-*Hyacinthe*), G. C. ✻.
PORTIER (*Paul*), O. ✻.
BINET (*Léon*-René), G. O. ✻, ♆.
LAUBRY (*Charles*), C. ✻.
HARTMANN (*Henri*-Albert-Charles-Antoine), G. O. ✻.
LERICHE (*René*), C. ✻, ♆.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), C. ✻, pour les Sciences mathématiques.
COURRIER (Marie-Jules-Constant-*Robert*), O. ✻, ♆, pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), C. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), C. ✻.
GUTTON (Antoine-Marie-*Camille*), C. ✻.
DUCLAUX (*Jacques*-Eugène), O. ✻, ♆.
JOLLY (*Justin*-Marie-Jules), O. ✻.
PÉRARD (*Albert*-Gustave-Léon), O. ✻, ♆.
RAMON (*Gaston*-Léon), G. O. ✻.
HACKSPILL (*Louis*-Jean-Henri), O. ✻, ♆.
TRÉFOUËL (*Jacques*-Gustave-Marie), O. ✻.
LACASSAGNE (*Antoine*-Marcellin-Bernard), O. ✻.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

MM.

CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), C. ✻, à Nancy.
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, au Cap Dorat, par Lavaur (Tarn).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Floirac (Gironde).
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), C. ✻, ✠, à Alger.
COTTON (*Émile*-Clément), O. ✻, à Grenoble.
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Vendresse (Ardennes).
HAAG (*Jules*), O. ✻, à Besançon.
GIGNOUX (*Maurice*-Irénée-Marie), O. ✻, à Grenoble.
LEJAY (*Pierre*), ✻, ✠, à Zi-Ka-Wei (Chine).
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Montpellier.
DEVAUX (*Henri*-Edgard), O. ✻, à Bordeaux.
....

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

ESNAULT-PELTERIE (*Robert*-Albert-Charles), O. ✻, à Genève (Suisse).
PORTEVIN (*Albert*-Marcel-Germain-René), C. ✻, à Paris.
CHEVENARD (*Pierre*-Antoine-Jean-Sylvestre), O. ✻, à Paris.
BARTHÉLEMY (*René*), O. ✻, à Fontenay-aux-Roses (Seine).
DARRIEUS (*Georges*-Jean-Marie-Eugène), O. ✻, ✠, à Houilles (Seine-et-Oise).
PARODI (*Hippolyte*), O. ✻, ✠, à Paris.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

MM.

BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. C. ✻, à Bruxelles.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New Jersey).
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), C. ✻, à Uccle-Bruxelles.
LUGEON (*Maurice*), G. O. ✻, à Lausanne (Suisse).
BOHR (*Niels* Henrik David), O. ✻, à Copenhague.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Cambridge (Angleterre).
ADAMS (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).
HAAS (*Wander Johannes* DE), O. ✻, à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Woodstock Oxon (Angleterre).
BLAKESLEE (*Albert Francis*), à Northampton (Massachusetts).
RAMAN (Sir *Chandrasekhara Venkata*), à Bangalore (Indes).

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

DICKSON (*Leonard Eugene*), à Joliet (Illinois).
NÖRLUND (*Niels Erik*), C. ✻, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Moscou.
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
DULAC (*Henri*-Claudius-Rosario), ✻, à Lyon.
VINOGRADOV (*Ivan* Matveevich), à Moscou (U. R. S. S.).
WEYL (*Hermann*), à Princeton (New Jersey).
POLYA (*George*), à Palo Alto (Californie).
SIERPINSKI (*Waclaw*), O. ✻, à Varsovie.
RIESZ (*Frederic*), à Budapest.

SECTION II. — *Mécanique* (10).

ROY (*Louis*-Maurice), ✻, à Toulouse.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), O. ✻, à Malakoff (Seine).
RIABOUCHINSKY (*Dimitri* Pavlovitch), à Paris.
THULOUP (Émile-Adrien-*Albert*), C. ✻, à Grasse (Alpes-Maritimes).
BOULIGAND (*Georges*-Louis), ✻, à Paris.
TIMOSHENKO (*Stephen*), à Palo Alto (Californie).
LERAY (*Jean*), à Sceaux (Seine).
KÁRMÁN (*Théodore* DE), O. ✻., à Pasadena (Californie).
TAYLOR (Sir *Geoffrey Ingram*), à Cambridge (Angleterre).
....

SECTION III. — *Astronomie* (10 + 1).

BOSLER (*Jean*), ✻, à Marseille.
HERTZSPRUNG (*Ejnar*), à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (*Henry Norris*), à Princeton (New Jersey).

MM.

JONES (Sir Harold *Spencer*), à Herstmonceux Castle (Angleterre).
SHAPLEY (*Harlow*), à Cambridge (Massachusetts).
DELPORTE (*Eugène*-Joseph), à Uccle-Bruxelles.
STØRMER (Fredrik *Carl* Mülertz), à Vestre Aker (Norvège).
STRATTON (*Frederick* John Marrian), ✻, à Cambridge (Angleterre).
DAUVILLIER (*Alexandre*-Henri-Georges), à Bagnères (Hautes-Pyrénées).
HUBBLE (*Edwin* Powell), à Mount Wilson (Californie).
LINDBLAD (*Bertil*), à Stockholm.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10 + 1).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
POISSON (Victor-Marie-Augustin-*Charles*), ✻, ✠, à Tananarive.
KOCH (*Lauge*), O. ✻, à Copenhague.
MARGUET (*Frédéric*-Philippe), C. ✻, à Villeneuve-Loubet (Alpes-Maritimes).
ROUCH (*Jules*-Alfred-Pierre), O. ✻, ✠, à Monaco.
MONOD (*André*-Théodore), à Dakar.
HAVELOCK (*Thomas Henry*), à Newcastle on Tyne (Angleterre).
LAMBERT (*Walter Davis*), à Canaan (Connecticut).
PÉLISSIER (*Léon*-Alexandre-Melchior), O. ✻, à Sanary sur Mer (Var).
BAULIG (Henri), ✻, à Strasbourg.

SECTION V. — *Physique générale* (10).

MILLIKAN (*Robert Andrews*), ✻, à Pasadena (Californie).
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford (Angleterre).
HULUBEI (*Horia*), O. ✻, à Bucarest.
REBOUL (*Georges*-Scipion-Antoine), O. ✻, ✠, à Montpellier.
FORTRAT (*René*-Lucien), ✻, à Grenoble.
HENRIOT (*Émile*-Jean-Charles), ✻, ✠, à Boitsfort (Belgique).
BLACKETT (*Patrick* Maynard Stuart), à Manchester (Angleterre).
KRAMERS (*Hendrik Anthony*), O. ✻, à Oegstgeest (Pays-Bas).
MALLEMANN (*René*-Jean-Gérard-Henri DE), ✻, à Nancy.
DUPOUY (*Gaston*-Léopold), ✻, à Toulouse.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10 + 1).

WALDEN (*Paul*), à Gammertingen (Allemagne).
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).
DENIGÈS (*Georges*-Noël-Fort), O. ✻, à Bordeaux.

MM.
LOCQUIN (Émile-*René*), ✻, à Lyon.
COURTOT (*Charles*-Hippolyte), ❋, à Nancy.
ROBINSON (Sir *Robert*), à Oxford (Angleterre).
KARRER (*Paul*), à Zurich.
BRINER (*Émile*), à Genève.
EULER-CHELPIN (*Hans* Karl August Simon VON), à Stockholm.
DESCH (*Cécil Henry*), à Londres.
CORNUBERT (*Raymond*-Alexandre-Louis), ❋, à Nancy.

SECTION VII. — *Minéralogie* (10 + 1).

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), O. ✻, à Mathieu (Calvados).
FOURMARIER (*Paul* Frédéric Joseph), ✻, à Liége (Belgique).
BRAGG (Sir *William Lawrence*), à Cambridge (Angleterre).
NIGGLI (*Paul*), à Zurich (Suisse).
DALY (*Reginald Aldworth*), à Cambridge (Massachusetts).
TEILHARD DE CHARDIN (Marie-Joseph-*Pierre*), O. ❋, ✠, ✠, à Paris.
DELÉPINE (*Gaston*-Georges), à Lille.
PRUVOST (*Pierre*-Eugène-Marie-Joseph), O. ❋, à Lille.
PAULING (*Linus* Carl), à Pasadena (Californie).
BESAIRIE (*Henri*-Michel-Édouard), à Tananarive (Madagascar).
MORET (*Léon*-Marie-Louis), ❋, ✠, à Grenoble.

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

PERRIER DE LA BÂTHIE (Marie-Joseph-*Henri*-Alfred), ✻, à Saint-Pierre-d'Albigny (Savoie).
NICOLAS (Léon-Marie-Joseph-*Gustave*), ✻, à Toulouse.
MERRILL (*Elmer Drew*), à Jamaica Plain (Massachusetts).
BOULY DE LESDAIN (*Maurice*-Léopold-Joseph), à Lille.
BECQUEREL (*Paul*), ✻, à Neuilly (Seine).
LITARDIÈRE (*René*-Jean-Alexandre VERRIET DE), ✻, à Grenoble.
GÄUMANN (*Ernst*), à Zurich.
DANGEARD (*Pierre*-Jean-Louis), ✻, ✠, à Bordeaux.
EMBERGER (*Louis*-Marie), ✻, à Montpellier.
....

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

MARCHAL (*Émile* Jules Joseph), à Bruxelles.
TSCHERMAK VON SEYSENEGG (*Erich*), à Vienne (Autriche).

MM.

WAKSMAN (*Selman* Abraham), à New Brunswick (New Jersey).
GUINIER (Marie-Joseph-Jean-Baptiste-*Philibert*), C. ✻, à Paris.
GORINI (*Costantino*), à Milan.
HITIER (*Henri*-Joseph-Robert), C. ✻, à Revelles (Somme).
WALLACE (*Thomas*), à Bristol (Angleterre).
BROCQ-ROUSSEU (*Denis*), C. ✻, à Avon (Seine-et-Marne).
DONATIEN (*André*-Louis), ✻, ✠, à Alger.
. . . .

Section X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✻, à Genève.
PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (Marie-*Paul* DE), O. ✻, à Alger.
ANCEL (*Paul*-Albert), ✻, à Paris.
BEAUCHAMP (Charles-Alfred-*Paul* MARAIS DE), ✠, à Paris.
POLICARD (*Albert*), O. ✻, ✠, à Lyon.
HARRISON (*Ross Granville*), à New Haven (Connecticut).
KEILIN (*David*), à Cambridge (Angleterre).
MORTENSEN (*Theodor* Ole Jensen), à Copenhague.
HUXLEY (*Julian* Sorell), à Londres.
DAWIDOFF (*Constantin*), à Sceaux (Seine).

Section XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), G. O. ✻, à Lyon.
HOLMGREN (*Israël*), C. ✻, à Stockholm.
JEANBRAU (*Émile*-Alexis), C. ✻, à Montpellier.
REMLINGER (*Paul*-Ambroise), C. ✻, à Tanger (Maroc).
FLEMING (Sir *Alexander*), C. ✻, à Londres.
BÉRARD (*Léon*-Eugène), C. ✻, à Lyon.
GALLAVARDIN (*Louis*-Bénédict), ✻, à Lyon.
ADRIAN (*Edgar Douglas*), ✻, à Cambridge (Angleterre).
HOUSSAY (*Bernard* Albert), O. ✻., à Buenos-Aires.
HEYMANS (*Corneille* Jean François), à Gand (Belgique).



COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 JANVIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB, PUIS DE M. GASTON JULIA.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 19 décembre 1949, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Maurice Roy** pour occuper, dans la Section de Mécanique, la place vacante par le décès de M. *Jules Drach*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Maurice Roy** prend place parmi ses Confrères.

M. **Charles Jacob**, Président, s'exprime en ces termes :

Le 19 décembre, avant notre séance annuelle, nous avons été prévenus de la mort survenue la nuit précédente de notre Confrère Richard Fosse, et le jeudi suivant, quelques-uns d'entre nous l'ont accompagné vers sa dernière demeure au Cimetière du Père-Lachaise. Aujourd'hui, consacrons quelques instants à son souvenir.

Il naquit le 16 juillet 1870 à Castres, où son père était pharmacien. Enfant d'un caractère assez difficile, un jour une malencontreuse idée le fit monter en cachette sur le cheval d'un voisin, d'où une chute brutale et une blessure à l'œil gauche dont les traces subsistèrent toute sa vie. Très vite, il se prit d'un goût pour la chimie, non sans dommage lorsqu'il s'amusait à faire exploser des poudres plus ou moins de sa fabrication. Si bien que sa famille, d'externe qu'il était, l'interna au lycée de sa ville natale. Une fois bachelier, il fit un court séjour en mathématiques spéciales au lycée de Toulouse, d'où, orienté par son père, qui lui-même s'était intéressé à la chimie, il vint à Paris, où il

acquit en 1896 à la fois le titre de pharmacien de 1re classe et celui de licencié ès sciences. C'est alors qu'il entra comme travailleur au Laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne, dirigé par Charles Friedel puis par Albin Haller. Docteur ès sciences en 1899, il débuta à la Faculté des Sciences de Lille comme Maître de conférences, pour y être ensuite Professeur de Chimie organique, jusqu'à ce qu'il accède, en 1928, à la Chaire de Chimie appliquée aux corps organiques du Muséum d'Histoire Naturelle.

Des travaux très importants ont jalonné avec un enchaînement logique cette carrière toute droite. Si je n'avais bénéficié du concours aussi rapide qu'obligeant de MM. Georges Dupont et Charles Sannié, mon incompétence aurait hésité à vous en dire quelques mots, en attendant qu'ici ou ailleurs, un chimiste organicien le fasse d'une manière pertinente et complète.

Jusqu'en 1910 environ, Richard Fosse s'est occupé, comme il l'a écrit lui-même, exclusivement de chimie organique pure. Nombre de réactions l'ont intéressé, dont les principales dérivent de celle du chloroforme sur le β-naphtol. Le produit obtenu, dont il établit la formule, est susceptible de donner avec la plupart des acides des esters bien définis, se comportant comme des sels minéraux, ionisables et d'un pouvoir oxydant à son tour utilisable pour de nombreuses réactions, que Richard Fosse généralise du reste à d'autres séries de corps que les initiaux.

A partir de 1910, il aborde la chimie de la matière vivante. A propos de la nutrition des animaux et des végétaux, il s'attache à l'action synthétique de l'oxydation : d'où la genèse, en présence d'ammoniaque, de toute une série de produits : glucides, glycérine, acides aminés, etc., et même d'acide cyanique, d'urée et de formol, aussi bien qu'en présence de sels d'argent ou de mercure, il obtenait de l'acide cyanhydrique. Ces expériences, ces réactions ou synthèses qu'il réalise expérimentalement lui permettront d'émettre des vues sur les transformations réversibles au sein de la matière vivante entre lipides, glucides et protéides. Il est essentiel d'ajouter que les résultats acquis par Richard Fosse n'ont pu l'être qu'avec la mise au point de méthodes analytiques aussi précises qu'élégantes, dont l'une notamment a fait époque dès 1912 avec une précieuse méthode de dosage de l'urée.

Nous devons souligner aussi l'intérêt qu'il a progressivement apporté au rôle des dérivés uréiques et puriques dans la matière vivante. Il arriva à isoler une diastase nouvelle, l'allantoïnase, qui transforme l'allantoïne en acide allantoïque, et il arriva à séparer son action de celles de l'urinase et de l'uréase, ce qui l'amena à de nouvelles méthodes de dosage et à préciser la répartition de l'allantoïne aussi bien dans le sérum des animaux que chez les végétaux. Ainsi s'étendaient les conquêtes de la Biochimie, avec la présence de l'acide urique, de l'allantoïne, de l'urée et d'autres produits chez les végétaux, et sa contribution au métabolisme de l'azote chez ceux-ci apparaît comme fondamentale.

Sur un rapport du Dr Émile Roux, Richard Fosse fut élu le 19 janvier 1931,

Membre de notre Section d'Économie rurale et d'Art vétérinaire. Mis à la retraite en 1940, il continua à travailler dans un laboratoire mis à sa disposition au Museum suivant les heureuses traditions de cet établissement, qui conserve à ses professeurs le moyen de travailler tant qu'ils le peuvent. De même il fréquenta nos séances avec assiduité jusqu'à il y a peu de mois. Le matin de sa mort, il eut encore un sourire, paraît-il, en regardant des formules dont il avait rempli toute une page et qui symbolisaient la passion de toute sa vie.

A Mlle Fosse, sa sœur, qui était venue s'installer avec lui après la mort de Mme R. Fosse, et à sa famille, nous adressons l'expression de notre bien sincère sympathie.

M. **Charles Jacob**, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1949.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er janvier 1950.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les fascicules de l'année 1949 ont paru chaque semaine régulièrement.

Les Tables des tomes 222 et 223 (1er et 2e semestres de l'année 1946) sont parues; le tome 222 a été mis en distribution; le tome 223, déposé sur le bureau, peut être retiré dès aujourd'hui au Secrétariat. Les Tables des tomes 224 à 229 sont en préparation.

Le volume des Tables générales pour la période 1895-1910, *Matières,* est en préparation.

Mémoires de l'Académie. — Le tome 67 a paru et a été mis en distribution.

Notices et discours. — Le tome 2 a paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de Tables générales est en voie d'achèvement.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1950 a paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Index biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences. — Une nouvelle édition est en préparation.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1949.

Section de Mécanique. — M. **Jules Drach**, le 7 mars, à Cavalaire-sur-Mer, Var.

Section d'Économie rurale. — M. **Richard Fosse**, le 18 décembre, à Paris.

Membres non résidants. — M. **René Maire**, le 24 novembre, à Alger.

Membres élus depuis le 1er janvier 1949.

Section de Mécanique. — M. **Maurice Roy**, le 28 novembre, en remplacement de M. **Jules Drach**, décédé.

Section de Physique générale. — M. **Louis Leprince-Ringuet**, le 21 mars, en remplacement de M. **Marcel Brillouin**, décédé.

Académiciens libres. — M. **Antoine Lacassagne**, le 5 décembre, en remplacement de M. **Gustave Roussy**, décédé.

Applications de la Science à l'Industrie. — M. **Hippolyte Parodi**, le 7 mars, en remplacement de M. **Louis Lumière**, décédé.

Associés étrangers. — Sir **Chandrasekhara Venkata Raman**, le 27 juin, en remplacement de M. **Godfrey Harold Hardy**, décédé.

Membres à remplacer.

Section d'Économie rurale. — M. **Richard Fosse**, mort à Paris, le 18 décembre 1949.

Membres non résidants. — M. **René Maire**, mort à Alger, le 24 novembre 1949.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1949.

Pour la Section de Géométrie. — M. **Torsten Carleman**, le 11 janvier, à Stockholm.

Pour la Section de Botanique. — M. **Emmanuel Teodoresco**, le 25 avril, à Bucarest.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **André Boivin**, le 8 juillet, à Strasbourg.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1949.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Edwin Hubble**, le 4 juillet, à Pasadena, Californie, en remplacement de M. **Carl Östen Bergstrand**, décédé;

M. **Bertil Lindblad**, le 4 juillet, à Stochkolm.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Léon Pélissier**, le 2 mai, à Sanary-sur-Mer, Var, en remplacement de M. **Pierre de Vanssay de Blavous**, décédé;

M. **Henri Baulig**, le 13 juin, à Strasbourg.

Pour la Section de Physique générale. — M. **Gaston Dupouy**, le 28 février, à Toulouse, en remplacement de M. **Wander Johannes de Haas**, élu Associé étranger;

Sir **Chandrasekhara Venkata Raman**, le 14 mars, à Bangalore, Indes.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Léon Moret**, le 27 juin, à Grenoble.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **André Donatien**, le 10 janvier, à Alger, en remplacement de M. **Dimitri Prianichnikov**, décédé.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Constantin Dawidoff**, le 31 janvier, à Sceaux, Seine, en remplacement de M. **Johan Hjort**, décédé.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Bernard Houssay**, le 11 juillet, à Buenos Aires, en remplacement de Sir **Charles Sherrington**, élu Associé étranger;

M. **Corneille Heymans**, le 11 juillet, à Gand, Belgique, en remplacement de Sir **Almroth Wright**, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Mécanique. — M. **Maurice Roy**, élu Membre de la Section le 28 novembre 1949.

Pour la Section de Botanique. — M. **Emmanuel Teodoresco**, mort à Bucarest, le 25 avril 1949.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **André Boivin**, mort à Strasbourg, le 8 juillet 1949.

Pour les Sections qui sont ou seront désignées par l'Académie :

A. — Le Correspondant suivant pour la Section de Géométrie : M. **Tors-**

TEN CARLEMAN, mort à Stockolm, le 11 janvier. (Place attribuée à la Section de Physique générale, le 2 mai 1949.)

B. — Le Correspondant suivant pour la Section de Physique générale : Sir CHANDRASEKHARA VENKATA RAMAN, élu Associé étranger, le 27 juin 1949.

M. CHARLES JACOB, Président sortant, s'exprime en ces termes :

MES CHERS CONFRÈRES,

Je vais descendre de ce fauteuil que j'ai occupé durant un an avec une fierté non dissimulée. J'exprime toute ma reconnaissance à nos Secrétaires perpétuels, MM. Louis de Broglie et Robert Courrier : entre nous trois, les relations ont été, je pense, sans nuages, et je souhaite qu'ils veuillent bien me conserver leur amitié.

Je tiens aussi à remercier M. et Mme Gauja, ainsi que leurs collaboratrices, Mme de Lambertye et Mme Causse, sans oublier les fidèles gardien et garçon de courses, Eugène Correau et Jean Véjux; ce personnel restreint s'emploie avec dévoûment, tant dans les bureaux du rez-de-chaussée que lors de nos séances, à assurer la bonne marche matérielle de l'Académie.

Et maintenant, cher Gaston Julia, qui m'avez si aimablement remplacé pendant mes absences au cours de l'année écoulée, prenez ma place, tandis qu'à son tour, M. Maurice Javillier est appelé à vous doubler. Tous nos souhaits vous accompagnent.

En prenant la présidence, M. GASTON JULIA s'exprime en ces termes :

MES CHERS CONFRÈRES,

Permettez qu'en cette première séance de l'année, l'allocution traditionnelle que vous attendez de votre nouveau président soit brève.

D'abord, je voudrais vous présenter mes vœux : que 1950 soit clémente à vous tous et à vos familles, qu'elle soit propice à vos travaux, qu'elle affermisse la prospérité de notre cher pays. Je n'oublie pas, ensuite, que si je suis à ce fauteuil, c'est que vous l'avez bien voulu, et je vous en suis très reconnaissant. Je n'oublie pas non plus tout ce que je dois à la bienveillante tutelle de notre cher Charles Jacob, et qu'il donna des assises géologiques sérieuses à son adjoint mathématicien. Permettez que je lui exprime ici nos remercîments pour l'autorité qu'il manifesta tout au long de sa présidence. Je n'oublie pas

enfin que nos Secrétaires perpétuels furent, à chaque instant, les guides éclairés et dévoués, les conseillers judicieux d'un vice-président que les circonstances appelèrent plus souvent que d'ordinaire à suppléer le Président. Permettez-moi donc, en passant, de dire quel souvenir précieux je garde de ce bureau de 1949, et de l'amitié qui l'anima.

Charles Jacob quitte le bureau, mais Maurice Javillier nous arrive en renfort, et cet expert en biochimie ne diminuera pas, bien au contraire, notre potentiel, car il connaît tous les secrets chimiques de la vie. Je lui souhaite cordialement la bienvenue et je l'inviterai à prendre place au Bureau lorsque, comme nous l'espérons, il sera bientôt remis de sa maladie actuelle.

Considérant que l'année passée a vu se réaliser cette harmonisation du droit de vote, que beaucoup d'entre vous souhaitaient depuis longtemps, je ne puis manquer d'adresser un fraternel salut à nos nouveaux *sociétaires à part entière*, et tout particulièrement à leur doyen, notre éminent et cher confrère Maurice de Broglie. A vrai dire, nous ne pouvons partager avec eux que des responsabilités et des devoirs, mais n'est-ce point cela même qu'ils désiraient et dont il me faut les féliciter ici ?

Si l'on envisage maintenant nos réunions, il peut apparaître que le travail de nos séances publiques n'est pas aussi facile et agréable à suivre que celui de nos comités secrets, et certains de nos confrères s'en sont émus. Faudrait-il croire que la présence du public est la cause de l'exagération des bruits dits *de fond*? Il est vrai que la difficulté des temps a conduit nombre de nos confrères à donner leurs rendez-vous dans la salle des pas-perdus, entre 15 et 16 heures, si j'en crois du moins la feuille d'avis sur laquelle sont imprimées toutes les indications relatives à ces rendez-vous. Mais, à prendre ces indications au pied de la lettre, et à considérer la répartition topologique de nos visiteurs, ce serait la salle des séances elle-même qui serait devenue la salle des pas-perdus ! Qu'en pensez-vous? Je sais bien que la restriction du chauffage de la salle des pas-perdus l'a rendue peu accueillante. Mais, d'une part nous nous efforcerons d'y remédier, et d'autre part, pourriez-vous obtenir, mes chers confrères, que les visites, si elles ne peuvent se faire dans la salle des pas-perdus pour manque de chauffage, se fassent entre 14 et 15 heures, soit dans la bibliothèque, soit dans la salle des séances elle-même. C'est une suggestion que vous me permettrez de vous soumettre. Faute de quoi, il ne nous resterait, sans doute, qu'à demander à nos confrères physiciens et ingénieurs, d'étudier l'installation de *bas-parleurs* !

Un autre effet de cette pénurie que nous devons supporter, c'est, vous le savez aussi, la difficulté croissante de nos publications. Le C. N. R. S. s'efforce bien de nous aider; mais le C. N. R. S., si compréhensif soit-il, n'a pas les moyens de tout faire, et, pour certaines de nos publications, vous avez bien voulu nous autoriser à faire appel à des concours extérieurs, dont il faut que je vous signale l'action bienfaisante. Grâce à eux, grâce aussi à la Commission que vous avez chargée de cette tâche, nous pourrons bientôt vous présenter

un volume nouveau des Œuvres d'Henri Poincaré et nous vous signalerons alors les principaux concours qui nous auront été accordés. L'un d'entre eux, l'un surtout me tient à cœur : sachez seulement qu'il m'a suffi d'expliquer, l'an passé, à nos élèves polytechniciens des promotions 46 et 47, l'urgence et l'intérêt de cette publication, pour que leurs représentants nous fassent tenir rapidement un gros chèque. Ne trouvez-vous pas le geste joli, et réconfortant?

Mais nous reparlerons de tout cela, et nous nous efforcerons ensemble d'améliorer une situation qui rappelle trop celle contre laquelle s'élevèrent autrefois les voix éloquentes de Barrès et de Charles Moureu, et que Jean Perrin, par la création du C. N. R. S., croyait bien avoir définitivement écartée.

Qu'une même foi nous anime, mes chers Confrères, qu'elle stimule nos efforts, et nous viendrons à bout de toutes ces difficultés. Ce sera mon dernier souhait avant que nous reprenions nos travaux.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTRONIQUE. — *Cibles isolées à potentiel réglable.* Note de M. **René Barthélemy**.

On sait qu'une cible isolée, soumise à l'impact d'un faisceau d'électrons de vitesse élevée provoquant une émission secondaire de coefficient plus grand que l'unité, prend un potentiel d'équilibre légèrement supérieur à celui de la dernière anode accélératrice du faisceau. La valeur finale dépend essentiellement du spectre des vitesses de l'émission secondaire.

La distribution de l'intensité en fonction des vitesses de sortie des électrons étant représentée par $f(v)$, le coefficient d'émission secondaire par K, la capacité de la surface d'impact par rapport à l'électrode conductrice par c, l'équation qui relie le potentiel u de la cible, compté à partir de l'anode finale au temps t est :

$$\frac{du}{dt}=\frac{K-1}{c}i_f-\frac{Ki_f}{c}\frac{\int_0^u f(v)\,dv}{\int_0^\infty f(v)\,dv},$$

i_f étant l'intensité du faisceau primaire.

L'intégration fournit la courbe $u=\varphi(t)$ qui montre l'existence d'une limite u_f, tension finale d'équilibre.

Le calcul de $\varphi(t)$ est possible avec certaines formes de la fonction $f(v)$, mais sa connaissance n'est pas indispensable quand les variations Δu, pendant

le temps d'impact, sont faibles vis-à-vis de l'amplitude totale; c'est le cas des cibles actuelles, où l'épaisseur du diélectrique est de l'ordre de 10^{-4} cm.

Le saut du potentiel est alors représenté avec assez d'exactitude par

$$\Delta u = \Delta t \left[\frac{K-1}{c} i_f - \frac{K i_f \int_0^u f(v)\,dv}{c \int_0^\infty f(v)\,dv} \right].$$

La courbe de distribution spectrale $f(v)$ a été déduite par différentiation du tracé de l'intensité résultante sur la cible en fonction d'une tension auxiliaire anode-cible.

La plupart des courbes montrent un maximum assez large, assimilable à un palier horizontal et une descente exponentielle rapide à partir d'un potentiel supérieur à 1,5, 2 V, qui peut être approximativement exprimée par des relations empiriques, comme

$$f(v) = a v e^{-\alpha V^2}.$$

En annulant du/dt, on calcule le potentiel d'équilibre u_f.

Il est connu qu'après plusieurs impacts, le potentiel maximum d'un point d'une cible de télévision s'établit à cette valeur u_f; le potentiel minimum créé à chaque période par le retour des électrons secondaires diffère de cette valeur de la quantité Δu. Celle-ci est d'autant plus faible que l'on utilise la partie voisine du maximum de la caractéristique $u = \varphi(t)$.

La position de cette plage de fonctionnement détermine la sensibilité des analyseurs. Des dispositifs ont été proposés pour baisser ce potentiel moyen des cibles. C'est ainsi que nous avons essayé avec Zeitline, en 1942, d'améliorer le rendement des iconoscopes par l'arrosage de la mosaïque par un flux, émis par un canon auxiliaire d'électrons lents non producteurs d'émission secondaire. Cette tentative ne donna qu'un résultat médiocre, expliqué par la présence, sur cette cible, de reliefs de potentiels de quelques volts, c'est-à-dire du même ordre de grandeur de la vitesse, traduite en volts, des électrons lents; la distribution de ces derniers était perturbée, et des signaux parasites de forte amplitude ne permettaient plus l'analyse correcte.

Avec les récentes cibles, à capacité élevée, les reliefs de potentiel dépassent rarement quelques dixièmes de volt, et l'arrosage auxiliaire reste sensiblement uniforme. En appelant i_a l'intensité répartie sur la cible, le potentiel d'équilibre u_e, en l'absence de lumière, est donné par la relation

$$\int_0^{u_e} f(v)\,dv = (K-1)\, i'_f - i_a.$$

Pour le réglage

$$i'_a = (K-1)\, i'_f,$$

la tension u est nulle (à l'oscillation de balayage près). La totalité de l'émission secondaire est alors captée par l'anode, mais la présence de la charge d'espace et l'existence d'une faible conductibilité de la cible modifient l'intensité du flux auxiliaire optimum.

Selon les hypothèses admises sur la forme de $f(v)$ le maximum de sensibilité des analyseurs utilisant une telle cible est obtenu pour un potentiel u_e nul ou légèrement positif.

A égalité d'intensité dans le faisceau mobile, un calcul montre un gain dans le courant de sortie de l'ordre de 8 avec l'introduction des électrons lents. Avec une courbe moins favorable de distribution de vitesses des électrons secondaires, on trouve encore un gain voisin de 4. L'expérience a donné des chiffres allant de 3 à 9, explicables aussi par une certaine conductibilité des couches.

La résistance de ces dernières est formée par une partie constante (isolement normal) et par une partie variable fonction de l'impact à grande vitesse qui traverse le diélectrique quand il est très mince; ce phénomène de Lénars dans les isolants commence d'ailleurs à être exploité dans d'autres applications.

Il faut remarquer, par surcroît, que je n'ai pas introduit dans ce qui précède l'affaiblissement, dû aux électrons lents, du potentiel positif provenant de l'impact, sur la cible, des photoélectrons de vitesse élevée. Cet effet intervient surtout dans le cas de lumière intense.

L'influence de la charge d'espace peut également être négligée en première approximation : elle se chiffre, dans le cas qui nous intéresse, par un potentiel répulsif d'une fraction de volt

L'accroissement de l'intensité de sortie a permis la réalisation d'analyseurs opérant avec de faibles éclairements. Ces tubes ont été conçus et construits, principalement par M. Diels assisté de M. Veron, dans le Laboratoire de recherches de Corbeville, dirigé par M. Dufour.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Transformation expérimentale d'une plante annuelle* (Poa annua *L.*) *en plante vivace*. Note de MM. **Joseph Magrou** et **François Mariat**.

Il a été établi que, chez des plantes vivaces variées, la production des organes pérennants, tubercules, bulbes ou rhizomes, dépend de facteurs extrinsèques dont le plus important paraît être une pression osmotique élevée du suc cellulaire. Dans la nature, cette condition peut être réalisée par les champignons de mycorhizes, qui, en disloquant les parties colloïdales du protoplasme, élèvent, par un processus d'anatonose, la concentration moléculaire des sucs de la plante. Au laboratoire, on la reproduit par divers artifices, par exemple en faisant des semis aseptiques de graines dans des solutions suffisamment concentrées. Mais si, toutes choses égales d'ailleurs, on supprime le facteur qui provoque la tubérisation, les organes pérennants ne se développent pas : c'est

ainsi que des graines de Pomme de terre, semées aseptiquement sur une solution diluée ($\Delta = 0°,07$ ou au-dessous), donnent des plantes qui ne tubérisent pas, qui, par conséquent, se comportent comme des plantes annuelles.

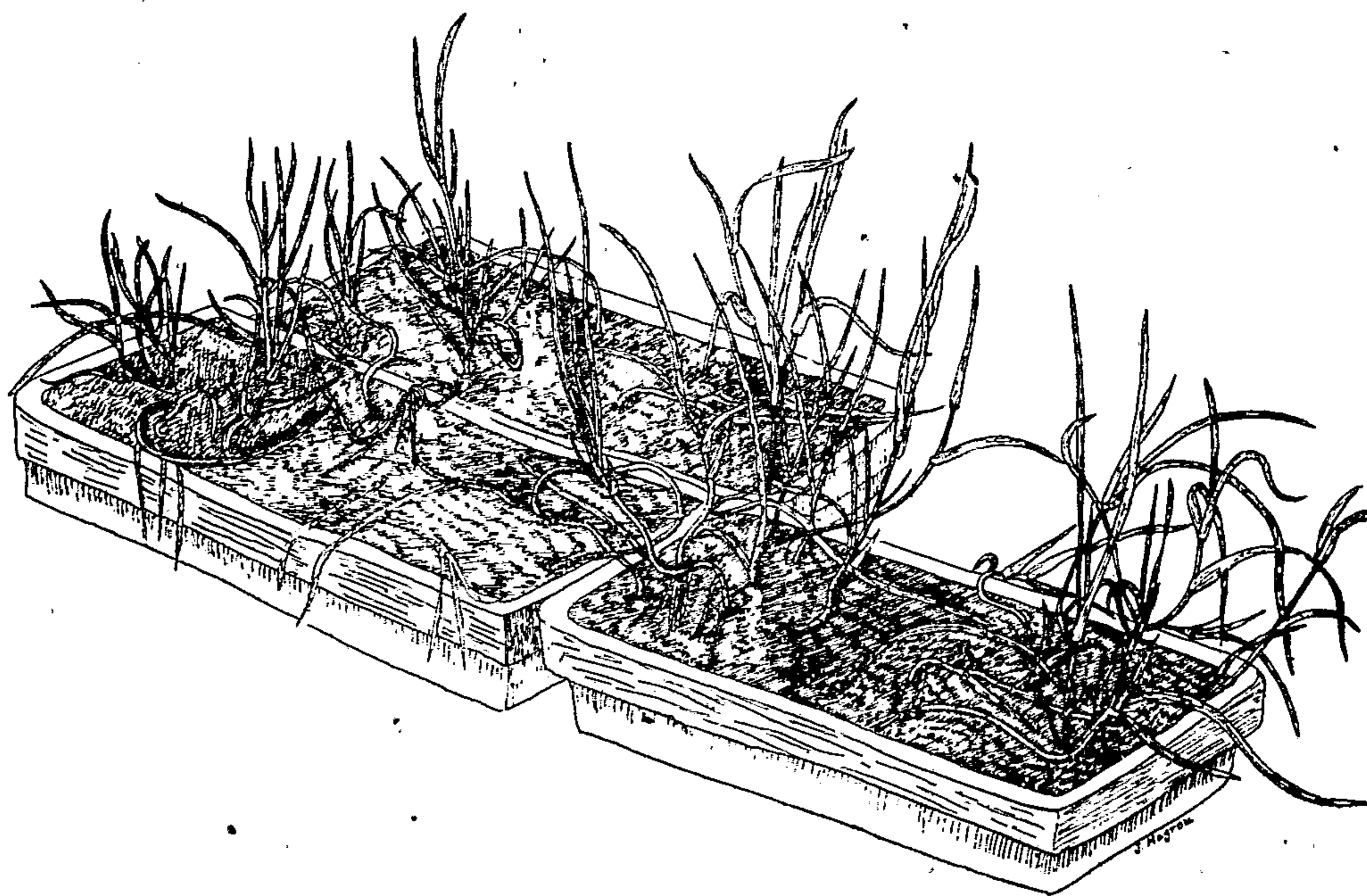
Nous nous sommes proposé de réaliser la modification inverse, soit de transformer une plante annuelle en plante vivace. Nous nous sommes adressés pour cela au *Poa annua* L. (Paturin annuel), Graminée annuelle ou, parfois bisannuelle, mais qui, en haute montagne, devient vivace et se multiplie alors par rhizomes. Cette évolution est attribuée communément aux diverses particularités de l'habitat montagnard. Nous nous sommes demandé si elle ne relèverait pas plutôt d'un facteur présent dans le sol. Pour le vérifier, nous avons transporté à Paris de la terre prélevée dans les Pyrénées, au col du Tourmalet (altitude : 2000^m), dans une région où abonde le type vivace du *Poa annua*, et nous y avons semé, le 2 octobre 1946, des caryopses récoltés en plaine; des semis témoins de caryopses de même provenance ont été faits, à la même date, dans un sol provenant de la région parisienne (mélange de terre franche, de terre de bruyère et de terreau de couche). Les semis ont été conservés en serre et soumis, pendant la période des jours courts (de novembre à mars), à un éclairement artificiel à l'aide de lampes à fluorescence, suivant la technique que nous avons indiquée avec M. Manigault [1].

Dès la première année de végétation, les semis en terre de montagne se sont montrés nettement différents des témoins en terre de Paris : ils formaient un gazon plus court et d'un vert plus foncé que ceux-ci et, surtout, ils n'ont fleuri que très discrètement, alors que, chez les plantes croissant en terre de plaine, la floraison s'est montrée extraordinairement abondante et très précoce, ayant débuté moins de trois mois après le semis. Vers la fin de l'hiver 1947, les plantes cultivées en terre de montagne se sont couchées sur le sol, puis, au bout de quelques jours, leurs parties vertes se sont redressées, laissant un rhizome blanc horizontal qui n'a pas tardé à s'enraciner et à produire de nombreuses pousses aériennes. Au cours des mois et années suivants, une production abondante de rhizomes a continué à se manifester. Rien de semblable ne s'est produit chez les plantes en terre de Paris, qui sont restées dressées, ou dont les parties traçantes ne se sont pas enracinées. Ces plantes témoins ont poursuivi leur floraison abondamment et sans discontinuité; puis elles ont montré des signes de dépérissement; en août 1949, pas une seule d'entre elles ne survivait.

A la même époque, les plantes en terre de montagne continuaient à développer des rhizomes qui atteignaient 50^{cm} de long. Ces rhizomes ont été marcottés ou bouturés, en terre de montagne et, à l'heure actuelle, marcottes et bouture continuent à croître vigoureusement, en produisant de nouveaux

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 521.

rhizomes et des pousses feuillées (*fig.* 1). Ces plantes, âgées de trois ans et trois mois, avec leurs organes pérennants constitués par des rhizomes à entre-nœuds courts, peuvent dès maintenant être considérées comme vivaces.



Poa annua. Semis du 2 octobre 1946. Marcottage le 6 septembre 1949. Dessiné le 28 octobre 1949. Réduit au cinquième de la grandeur naturelle.

C'est donc bien à un facteur présent dans le sol des montagnes que le *Poa annua* doit sa transformation en plante pérennante. Quel peut être ce facteur ? Avec M. Bouget, l'un de nous avait constaté antérieurement que le *Poa annua* vivace des montagnes présente, le plus souvent, des mycorhizes endotrophes à arbuscules et à vésicules, alors que la symbiose mycorhizienne fait défaut chez le type annuel de la plaine ([2]). Dans nos cultures en serre, l'examen des racines prélevées à divers moments en cours de végétation (novembre 1946, janvier 1947, novembre 1949), a montré, chez tous les individus cultivés en terre de montagne, une large invasion par un endophyte à arbuscules et à vésicules en pleine vitalité. Lors des derniers prélèvements (novembre 1949), cet endophyte existait aussi bien chez les marcottes et les boutures que chez la culture mère. Par contre, dans les racines des échantillons cultivés en terre de Paris, nous n'avons jamais trouvé trace de symbiose.

Les *Poa annua* devenus vivaces en terre de montagne sont donc des plantes symbiotiques, alors que les *P. annua* témoins en terre de plaine, restés monocarpiques, sont asymbiotiques. On objectera que là n'est pas la seule

([2]) J. Magrou et J. Bouget, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 243.

différence qui sépare les deux types de culture, la terre de plaine différant, par ses caractères physico-chimiques, de la terre de montagne. Mais, par la suite, nous avons fait à deux reprises de nouveaux semis en terre de montagne, prélevée dans la même station que précédemment, et, pour une cause indéterminée (perte de virulence du champignon ou résistance accrue de l'hôte), la symbiose ne s'est pas établie; or ces plantes restées asymbiotiques sont mortes, au bout de quelques mois, après avoir fleuri et fructifié; elles se sont donc comportées en plantes annuelles. A la symbiose près, elles végétaient pourtant rigoureusement dans les mêmes conditions que les sujets qui avaient acquis l'état vivace. La symbiose étant connue d'autre part comme un facteur de tubérisation, il est logique de lui attribuer la production d'organes pérennants chez nos *Poa annua* devenus vivaces.

En résumé, le *Poa annua*, cultivé en plaine dans une terre prélevée en haute altitude, devient vivace lorsqu'il contracte une symbiose mycorhizienne avec les champignons qui peuplent le sol des montagnes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la symétrisation circulaire.*
Note (*) de M. **Georges Pólya.**

1. *Définition.* — Soient S un domaine dans l'espace, d une droite et P un demi-plan limité par d. La *symétrisation circulaire de* S *par rapport à* P est une opération géométrique qui change S en un domaine S* défini par les conditions suivantes. Si c est un cercle quelconque dont le plan est perpendiculaire à d et dont le centre est sur d, l'intersection de c avec S est égale en longueur à l'intersection de c avec S* et l'intersection avec S* ne forme qu'un seul arc divisé en deux parties égales par un point de P. Ainsi S* est symétrique par rapport au plan dont P est une moitié. La symétrisation circulaire généralise la symétrisation de Steiner qui en est un cas limite (d s'en va à l'infini). C'est M. Fiala qui a dirigé l'attention de l'auteur sur ce cas général et le but de cette Note est de montrer que certains résultats de M. Szegö et de l'auteur sur la symétrisation de Steiner y restent valables (¹)

2. *La symétrisation circulaire ne change pas le volume mais diminue la surface.* — La première partie de cet énoncé, relative au volume, est évidente. La seconde affirme que $A \geq A^*$, où A est l'aire de la surface frontière de S et A^* la quantité correspondante relative à S*. Introduisons les coordonnées cylindriques r, φ, z liées aux coordonnées rectangulaires x, y, z par $x = r\cos\varphi$, $y = r\sin\varphi$. Soit $\varphi = 0$ l'équation du demi-plan P de symétrisation. Un des cercles c mentionnés ci-dessus correspond à r et z donnés. Admettons que c

(*) Séance du 28 novembre 1949.

(¹) G. Polya et G. Szegö, *Amer. Journal of Math.*, 67, 1945, p. 1-32; G. Pólya, *Quarterly of Applied Math.*, 6, 1948, p. 267-277.

a $n = n(r, z)$ arcs en commun avec S, où $\varphi_1 > \varphi > \varphi_2$, $\varphi_3 > \varphi > \varphi_4$, ..., $\varphi_{2n-1} > \varphi > \varphi_{2n}$. Si

$$\varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4 + \ldots + \varphi_{2n-1} - \varphi_{2n} = 2\varphi^*, \tag{1}$$

le point r, φ^*, z appartient à la frontière de S^*. En mettant $\partial\varphi_1/\partial r = \varphi_{1r}$, ..., on a

$$A = \iint \sum_{\nu=1}^{2n} [1 + r^2(\varphi_{\nu r}^2 + \varphi_{\nu z}^2)]^{\frac{1}{2}} \, dr \, dz \geqq 2 \iint [1 + r^2(\varphi_r^{*2} + \varphi_z^{*2})]^{\frac{1}{2}} \, dr \, dz = A^*. \tag{2}$$

3. *L'intégrale de Dirichlet.* — Soit D un domaine dans le plan x, y. Soit $u = u(x, y) > 0$ à l'intérieur de D, $u = 0$ sur la frontière de D et $\varepsilon > 0$. Les points x, y, z où x, y est dans D et $0 < z < \varepsilon u(x, y)$ forment un domaine spatial S. La symétrisation circulaire par rapport au demi-plan $\varphi = 0$ change S et D en S^* et D^* respectivement. L'aire de D est visiblement égale à l'aire de D^*, tandis que l'aire de la surface totale de S est supérieure ou égale à celle de S^*. Donc

$$\iint_D \{[1 + \varepsilon^2(u_x^2 + u_y^2)]^{\frac{1}{2}} - 1\} \, dx \, dy \geqq \iint_{D^*} \{[1 + \varepsilon^2(u_x^{*2} + u_y^{*2})]^{\frac{1}{2}} - 1\} \, dx \, dy, \tag{3}$$

où $u_x = (\partial u/\partial x)$, ..., et $z = \varepsilon u^*(x, y)$ est l'équation de la surface qui limite S^* supérieurement. En divisant (3) par ε^2 et en passant à la limite ($\varepsilon \to 0$) on obtient

$$\iint_D (u_x^2 + u_y^2) \, dx \, dy \geqq \iint_{D^*} (u_x^{*2} + u_y^{*2}) \, dx \, dy. \tag{4}$$

4. *Corollaires.* — En suivant les travaux cités de M. Szegö et de l'auteur, on peut faire de nombreuses applications de (4) dont en voici une. Donnons un cercle et un point p à l'intérieur de ce cercle. Enlevons de l'intérieur du cercle une ligne L qui relie p à la circonférence et nommons D le domaine qui reste. La ligne L variant, la fréquence principale de D deviendra un minimum et sa rigidité en torsion un maximum lorsque L se réduit au segment de rayon entre p et la circonférence

Dans les applications suivantes D sera un domaine plan limité par plusieurs courbes. Soit u une fonction harmonique à l'intérieur de D qui prend la valeur 1 le long du contour extérieur de D et la valeur 0 le long des contours intérieurs. La valeur de l'intégrale $\int (4\pi)^{-1} (\partial u/\partial n) \, ds$ prise le long du contour extérieur de D, où n est la normale extérieure, est la *capacité* de D.

A. Le contour extérieur de D est un cercle de rayon R et les contours intérieurs se réduisent à certains arcs, de longueur totale l, d'un cercle concentrique de rayon r. Étant donnés R, r et l, la capacité est minimum lorsque le contour intérieur de D est formé d'un seul arc ininterrompu. Ceci donne

pour $R \to \infty$ un résultat (non publié) de MM. Ahlfors et Beurling qu'ils ont démontré tout différemment.

B. Donnons quatre cercles concentriques (r'), (r), (R), (R') aux rayons r', r, R, R' où $0 \leqq r' \leqq r < R \leqq R'$. Le domaine D est limité par deux courbes. Le contour intérieur a un point commun avec (r) et est contenu dans la couronne entre (r') et (r). Le contour extérieur a un point commun avec (R) et est contenu dans la couronne entre (R) et (R'). Étant donnés r', r, R, R', la capacité devient minimum lorsque le contour extérieur se réduit au cercle (R'), auquel est ajouté un segment de longueur $R'-R$ et le contour intérieur se réduit au cercle (r') auquel est ajouté un segment de longueur $r-r'$; ces deux segments sont sur le même diamètre de (R'), mais sur deux rayons opposés. Ce résultat contient comme cas particuliers des résultats connus de Teichmüller, Grötzsch et Koebe.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la destruction du chondriome dans les méristèmes radiculaires et sur la possibilité de sa restauration.* Note de M. **Pierre Dangeard**.

Dans le but de détruire le chondriome dans les cellules tout en laissant à ces dernières la possibilité de survivre, nous avons traité des radicules de Haricot et de Lupin blanc par de l'acide acétique dilué, soit à 1 %, soit à 1 ‰, en les immergeant un temps variable dans ces solutions. Après un certain nombre de tâtonnements nous avons reconnu que, dans le cas du Haricot, un séjour de 30 minutes dans l'acide acétique à 1 ‰ inhibait tout d'abord la croissance, mais que celle-ci finissait par reprendre chez un certain nombre de plantules, tandis qu'une faible proportion d'entre elles montraient une inhibition durable et se nécrosaient finalement. En dehors du simple arrêt de croissance on observe souvent des malformations comme l'enroulement de l'extrémité radiculaire et la sortie, au bout d'un certain temps, de radicelles nées très près du sommet. Dans tous les cas il semble qu'avec cette dose il se produit une survie importante des principaux tissus, au moins pendant les premiers jours du retour dans les conditions normales (radicules replacées dans l'eau ordinaire). Il était donc à prévoir que cette durée de séjour dans l'acide dilué pourrait être favorable à une étude cytologique ayant pour but de mettre en évidence des altérations cellulaires réversibles.

Pour les solutions à 1 % nous avons trouvé qu'une durée d'immersion de 5 à 6 minutes entraînait souvent la nécrose de l'extrémité radiculaire, mais que celle-ci n'était pas immédiate, autorisant à admettre une certaine survie des tissus avec possibilité même de rétablissement total pour quelques radicules.

Opérant de la même façon avec les plantules de Lupin blanc, nous avons reconnu qu'elles sont bien moins sensibles que celles de Haricot. On peut dire

en effet qu'il faut environ trois fois plus de temps avec le Lupin pour obtenir des effets comparables à ceux réalisés chez le Haricot avec les mêmes solutions.

En possession de ces données nous avons procédé à l'étude cytologique des pointes radiculaires en vue d'y mettre en évidence les altérations du chondriome que nous pensions devoir y trouver; nos études vitales antérieures, en effet, sur les poils de Courge, nous avaient montré que l'acide acétique provoque la cavulation puis la vésiculisation et finalement la lyse complète des mitochondries ([1]).

Effectivement nous avons retrouvé sur les radicules fixées les divers stades de l'altération des mitochondries qui peuvent être facilement suivis. On doit toutefois noter que les mitochondries transformées en vésicules perdent leurs propriétés chromatiques et qu'elles finissent par échapper à l'observation. Il en résulte la présence, dans les préparations, de cellules dont le cytoplasme est entièrement débarrassé de tout élément chromatique figuré; de telles cellules apparaissent comme entièrement privées de chondriome et même de plastidome, mais ce qu'il faut souligner surtout, c'est que les cellules en question, malgré l'absence de mitochondries, ont l'apparence de cellules qui auraient été fixées encore vivantes, car leur cytoplasme adhère aux parois et leur noyau possède une structure apparemment peu modifiée; on les distingue facilement des cellules les plus extérieures de la radicule qui ont subi une plasmolyse intense et qui sont évidemment des cellules mortes.

Il est assez remarquable que, dans certains cas (radicules de Haricot traitées 30 minutes par l'acide acétique à 1 ‰, ou 5 à 6 minutes par une solution acétique à 1 %), c'est dans toute l'étendue du méristème et même dans toute la pointe radiculaire que les cellules sont ainsi sans exception dépourvues de chondriome sans présenter par ailleurs l'allure de cellules nécrosées; dans certains cas toutefois la nécrose peut affecter des îlots ou des files de cellules des méristèmes qui se signalent par leur caractère hyperchromatique ([2]).

Les radicules où s'observent une majorité de cellules sans chondriome et où parfois même il n'y a plus de mitochondries dans tout ce que l'on est convenu d'appeler le point de végétation, ont naturellement attiré notre attention, car ce sont néanmoins des radicules capables de survivre et souvent même de poursuivre leur développement après un temps d'arrêt; on est donc porté à croire qu'une restauration des cellules est possible. Pour démontrer qu'il en est bien ainsi, nous avons fixé des radicules, non plus immédiatement (ou après un temps très court allant de 15 minutes à 1 heure) après leur retour en milieu normal, mais après 24 heures. Ce délai doit être suffisant, en effet, pour

---

([1]) *Le Botaniste*, 31e série, 1942, p. 218.

([2]) Dans les radicules de Lupin blanc le chondriome peut également être complètement détruit dans certaines cellules ou groupes de cellules par l'acide acétique dilué, mais il est plus rare que cette destruction affecte l'ensemble du méristème.

permettre aux radicules, après retour dans l'eau, de rétablir leur structure habituelle, s'il y a lieu. Les résultats ont confirmé notre attente puisque, dans tous les cas, des radicules dont le point de végétation avait été privé de mitochondries comme nous venons de le dire, ont montré, après 24 heures dans l'eau ordinaire, des cellules bourrées de mitochondries dans les divers méristèmes; en dehors des cellules riches en mitochondries à l'état de grains, bâtonnets et filaments, seules les assises cellulaires les plus extérieures apparaissent comme désorganisées et formant un manchon de cellules mortes destinées à être exfoliées; en certains points la région péricyclique a multiplié ses cellules pour donner des ébauches radicellaires.

Ainsi des radicules, ayant subi un traitement qui détruit radicalement et à peu près sûrement le chondriome dans leur point de végétation, possèdent 24 heures après le retour en milieu normal, des mitochondries nombreuses dans cette même région. Il faut donc admettre que les cellules de ces extrémités radiculaires se sont maintenues vivantes et qu'elles ont restauré un chondriome normal après 24 heures. Il apparaît, d'autre part, qu'il s'agit d'une régénération s'opérant *de novo* au sein du cytoplasme. La conclusion à laquelle nous arrivons est d'autant plus plausible qu'elle confirme, sur préparations fixées, les résultats obtenus sur d'autres objets par l'étude vitale. Nous voyons là une nouvelle manifestation d'une propriété sans doute très générale de la cellule, sur laquelle nous avons attiré l'attention pour la première fois en 1941, celle de réparer les altérations qu'elle est amenée à subir dans les limites d'une vitalité conservée.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau l'*Almanach des Sciences* 1950, publié avec sa collaboration et celle de nombreux Membres de l'Institut, sous la direction de M. René Sudre, et la deuxième édition de son Ouvrage : *La Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules.*

M. **Georges Bouligand** fait hommage d'un Ouvrage qu'il vient de publier en collaboration avec M. Jean Desgranges : *Le déclin des absolus mathématico-logiques.*

M. **Hendrik Anthony Kramers** fait hommage d'un Mémoire : *The stopping power of a metal for alpha-particles.*

M. **Erich Tschermak von Seysenegg** adresse trois Mémoires : 1° *Ist es möglich, Erbsensorten zu Züchten, die vom Erbsenkäfer weniger befallen werden;* 2° *Was erhofft sich der Pflanzenzüchter von den Weizen-, Roggen- und den Weizenquecken-Bastarden;* 3° *Reizfruchtung* (*Samenbildung ohne Befruchtung*).

Mlle **Simone De Wildeman** fait hommage d'un Mémoire de son Père **Émile De Wildeman** intitulé : *Documents pour l'étude de la formation de liquides*

mucilagineux ou laticifères chez les végétaux et celle des rapports entre les liquides mucilagineux, résinifères et caoutchoutifères : Les liquides laticifères et mucilagineux chez les moracées.

PLIS CACHETÉS.

M. **Othon Lohse** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 4 avril 1945 et enregistré sous le n° 12.053.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un *Mémoire relatif aux contrepoisons de l'Amanite Phalloïde.*

(Renvoi à la Section de Botanique.)

CORRESPONDANCE.

M. **Raoul Lecoq** adresse un rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée en 1948, sur la Fondation Loutreuil.

M. **André Léveillé**, Directeur du Palais de la Découverte, adresse à l'Académie une collection des Conférences qui y ont été faites en 1949.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Robert Tournier. *Déformations terrestres. Considérations sur les variations de vitesse de la Terre et sur quelques-unes des conséquences qui en découlent.*

2° Charles Prévost. *Leçons de Chimie Organique.* Tome I. *Chimie générale organique. Hydrocarbures.*

3° Faune de l'Empire français. XII. *Poissons de la Guyane française,* par Joseph Puyo (présenté par M. Louis Fage).

4° Union internationale des Sciences biologiques. *Le rôle des anaérobies dans la nature. IIe Congrès international des Microbiologistes de langue française, Bruxelles,* 23-27 *mai* 1949 (présenté par M. Louis Fage).

5° Alfredo Rosenblatt. *Sobre el fenomeno de la subresonancia para la ecuacion de Van der Pol.*

6° *Œuvres de Bernard Bolzano,* éditées par la Société Royale des Sciences de Bohème. Tome V. *Mémoires géométriques* (en langue allemande).

7° Přemysl Pelnář. *Nový způsob vyšetřování výkonnosti systému dýchání-oběh.*

8° Otakar Borůvka. *Úvod do teorie grup.*

9° Vratislav Bažant et F. K. Studnička. *Das Problem der Vitalität des Zahnschmelzes.*

10° JUAN CHABÁS. *Vives y el pensamiento español de la Paz.*

11° Ministerio de Industrias y Trabajo. Servicio oceanografico y de pesca S. O. Y. P. (Montevideo). *Publicaciones cientificas.* N° 1.

Mmes Veuves LÉON AGOSTINI, BERNARD AUDEBERT DE LA PINSONIE, ANDRÉ BOIVIN, adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leur mari. Mlles MARIE-LOUISE DELWAULLE, ANNE FAURE-MURET, GERMAINE HENRI-MARTIN, VÉRA KOVARSKY, MARTHE VESQUE, MM. FRANÇOIS BACLESSE, ALFRED BALACHOWSKY, REYNOLD BARBIER, PIERRE BERNARD, ANDRÉ BLANC-LAPIERRE, FÉLICIEN BOEUF, PAUL BOQUET, NICOLAS CABRERA, ROGER CAMBAR, SAUVEUR CARRUS, PIERRE CHABRIER DE LA SAULNIÈRE, DANIEL CHALONGE, GEORGES CHAMPETIER, PIERRE CHOUARD, OLIVIER COSTA DE BEAUREGARD, JEAN DELHAYE, ANDRÉ DELMAS, GEORGES DEPAPE, JEAN DESPOIS, PIERRE DESTIVAL, CHARLES EHRESMANN, LÉOPOLD ESCANDE, RAYMOND ESTÈVE, JEAN FELDMANN, NOËL FELICI, ALFRED FLEISCH, FERNAND GALLAIS, PAUL GERMAIN, BERNARD GÈZE, GASTON GIBAULT, PIERRE GOUROU, ANDRÉ GRANET, MARCEL HIRSCH, ALAIN HOREAU, JEAN HUGON, JEAN HURAULT, MARC ISTIN, PIERRE JORE D'ARCES, ALFRED JOST, ANTOINE JULLIEN, EUGÈNE LAUMONNIER, JACQUES LEANDRI, EDGAR LEDERER, ROBERT LENNUIER, JEAN LERAY, CONSTANTIN LEVADITI, RAYMOND LÉVY, NICOLAS LOUROS, MAURICE MARCHAL, RAYMOND MICHEL, MARCEL MISTAL, HENRI MITAULT, FRÉDÉRIC MOREL, GEORGES MORIN, HENRI MURAOUR, JAMES MONTROSE DUNCAN OLMSTED, RENÉ DE POSSEL, RENÉ RIBEROLLES, ÉDOUARD RIST, JEAN ROSE, SALOMON ROSENBLUM, JACQUES ROUSSEAU, PIERRE DE SAINT-SEINE, JOSEPH SANSON, RAYMOND SCHNELL, RAYMOND SIESTRUNCK, FRED SIGUIER, ÉMILE THELLIER, ROGER ULRICH, PIERRE VERNOTTE, ÉTIENNE WOLFF adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. ROGER HEIM, le Directeur de l'INSTITUT DE PALÉONTOLOGIE HUMAINE, le Président de la SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE, le Directeur de l'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

ALGÈBRES NON ASSOCIATIVES. — *Algèbres monosymétriques.*

Note de M. RAYMOND RAFFIN, présentée par M. Élie Cartan.

Nous considérons des anneaux $\mathfrak{A}$ non associatifs qui sont des modules sur un anneau $\mathcal{B}$ associatif, commutatif avec un élément unité 1, $\mathcal{B}$ peut se réduire à l'ensemble N des entiers rationnels. $\mathfrak{A}$ sera une algèbre non associative sur $\mathcal{B}$. Nous dirons que $\mathfrak{A}$ est de degré principal à droite (gauche) $d(g)$ sur $\mathcal{B}$ si :

1° pour tout x de $\mathfrak{A}$ les n premières puissances principales à droite (gauche) de x, ainsi que l'élément unité e, s'il existe sont linéairement

dépendants sur $\mathcal{B}$; 2° pour au moins un y de $\mathfrak{A}$, les $n-1$ premières puissances principales à droite (gauche) de y, ainsi que l'élément unité s'il existe, sont linéairement indépendants sur $\mathcal{B}$. Nous dirons que $\mathfrak{A}$ est de degré fini (sur $\mathcal{B}$) à droite (gauche) si $d(g)$ fini existe. Deux éléments x et y de $\mathfrak{A}$ sont orthogonaux si $x \neq 0$, $y \neq 0$ et $xy = yx = 0$.

THÉORÈME. 1. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une algèbre $\mathfrak{A}$, symétrique* [1], *soit monosymétrique* [1] *est qu'elle ne contienne pas d'éléments orthogonaux.*

Car si t est inverse bilatère d'un élément x orthogonal à X, $t+X$ est aussi inverse bilatère de x et réciproquement si t et t' sont deux inverses bilatères de x, $t-t'$ et x sont orthogonaux.

Algèbres de degré principal fini. — THÉORÈME 2. — *Pour qu'une algèbre $\mathfrak{A}$ sur $\mathcal{B}$ telle que les puissances principales de tout élément coïncident, de degré principal fini sur $\mathcal{B}$, soit monosymétrique, il faut et il suffit : 1° que $\mathcal{B}$ soit un corps; 2° que $\mathfrak{A}$ ne contienne pas d'éléments orthogonaux.*

Si $\mathfrak{A}$ est monosymétrique elle contient un élément unité e, $\mathcal{B}(e)$ est une sous-algèbre à division isomorphe à $\mathcal{B}$ qui est donc un corps. Il suffit alors de démontrer que si les conditions sont remplies l'algèbre est symétrique :

1° $\mathfrak{A}$ contient un élément unité : sinon le polynome minimum principal de x se décomposerait en deux facteurs (dont x) orthogonaux.

2° Pour la même raison le terme constant du polynome minimum principal de tout élément est différent de zéro.

3° Soit alors $x^m = \alpha_1 x^{m-1} + \ldots + \alpha_{m-1} x + \alpha_m e$ ($\alpha_i \in \mathcal{B}$, $\alpha_m \neq 0$), l'équation minimum principale de x, il en résulte

$$xt = tx = e, \qquad \text{avec} \quad t = \alpha_m^{-1}(x^{m-1} - \alpha_1 x^{m-2} - \ldots - \alpha_{m-1} e).$$

De l'absence des éléments orthogonaux, il résulte plusieurs conséquences importantes :

Dans toute algèbre $\mathfrak{A}$, monosymétrique (ayant une base sur $\mathcal{B}$ dans le cas de la propriété 1°), telle que les puissances principales de tout élément coïncident, de degré principal fini : 1° Le polynome principal de $\mathfrak{A}$ n'a pas de racines dans $\mathcal{B}(\xi_1, \xi_2, \ldots)$ où $\xi_i (i = 1, 2, \ldots)$ désignent des indéterminées, coordonnées de l'élément général x de $\mathfrak{A}$; 2° le polynome minimum principal de chaque élément de $\mathfrak{A}$ n'a pas de racines dans $\mathcal{B}$. En particulier : *le degré principal de toute $\mathfrak{A}$ réelle est pair.*

Toute sous-algèbre symétrique d'une algèbre monosymétrique est monosymétrique. En particulier si $\mathfrak{A}$ est à puissances associatives [2], $\mathcal{B}(x)$ est un corps pour tout $x \in \mathfrak{A}$. On peut dire encore que pour qu'une algèbre symé-

---

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1685.

(2) A. A. ALBERT, *Transactions of the Am. Math. Soc.*, 64, 1948, p. 552.

trique, à puissances associatives, soit monosymétrique il faut et il suffit que, pour tout $x \in \mathfrak{A}$, l'ensemble des sous-algèbres $\mathcal{B}[x, t]$ (t étant un inverse quelconque de x) se réduise au corps $\mathcal{B}(x)$. Le fait que $\mathcal{B}(x)$ soit un corps a comme conséquence le

THÉORÈME 3. — *Toute algèbre réelle, monosymétrique, à puissances associatives, de degré fini, est de degré deux.*

Algèbres du second degré. — Pour ces algèbres $x^2 = \alpha x + \beta e (\alpha, \beta \in \mathcal{B})$. Si e n'existe pas on pose $\beta = 0$.

Toute algèbre du second degré est à puissances associatives. — En effet on a

$$x^2 = \alpha x + \beta e, \qquad x^3 = \alpha x^2 + \beta x, \qquad \ldots, \qquad x^{n+1} = \alpha x^n + \beta x^{n-1}.$$

Supposons $x^{p-q} x^q = x^p$ pour $p \leqq n (0 < q < p)$. Alors

$$x^{n+1-q} x^q = (\alpha x^{n-q} + \beta x^{n-q-1}) x^q = \alpha x^n + \beta x^{n-1} = x^{n+1}.$$

Dans le cas où $q = n - 1$ et où e existe on pose $x^{n-q-1} = x^0 = e$. Si $q = n$, $xx^n = x^n x = x^{n+1}$.

Comme à plus forte raison, les puissances principales coïncident, on a, d'après le théorème 2,

THÉORÈME 4. — *Pour qu'une algèbre $\mathfrak{A}$ sur $\mathcal{B}$, de degré deux, soit monosymétrique, il faut et il suffit : 1° que $\mathcal{B}$ soit un corps; 2° que $\mathfrak{A}$ ne contienne pas d'éléments orthogonaux.*

Définition. — On appellera $i_x = x - (\alpha/2) e$ la *partie imaginaire* de x.

THÉORÈME 5. — *Pour qu'une algèbre $\mathfrak{A}$ de degré deux ayant un élément unité e_0, à base finie sur un corps* K *soit monosymétrique, il faut et il suffit que les parties imaginaires de tout couple d'éléments commutants de $\mathfrak{A}$ soient proportionnelles (dans* K*).*

x et y étant des éléments de $\mathfrak{A}$ on pose $(ab) = ab - ba$, ξ_i et η_j étant des éléments de K on pose $(\xi_i \eta_j) = \xi_i \eta_j - \xi_j \eta_i$.

1° Dans $\mathfrak{A}$ on peut toujours trouver une base $\{e_0, e_i\}$ telle que $e_i^2 = \alpha_i e_0$ ($\alpha_i \in$ K, $i = 1, \ldots, n$). Si

$$x = \sum_0^n \xi_i e_i, \qquad y = \sum_0^n \eta_i e_i,$$

on a

$$(xy) = \sum_{i,j=1}^n (\xi_i \eta_j) e_i e_j.$$

2° Dire que $\mathfrak{A}$ est monosymétrique revient à dire que $(\xi_i \eta_j) e_i e_j = 0$ entraîne $i_y = k i_x$, pour tout $i_x \neq 0$ ($k \in$ K).

Dans le cas où x et y commutants satisfont tous deux à la même équation minimum $k = -1$, $y = \bar{x}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les probabilités continues en chaîne.* Note de M. **Einar Hille**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit $X = X(t)$ une variable aléatoire prenant des valeurs réelles arbitraires et soit $f(t;\ \xi,\ x) = P_x(t;\ \xi,\ x)$ *la densité de probabilité de transition*, $P(t;\ \xi,\ x)$ étant la probabilité que $X(t) \leqq x$ si $X(o) = \xi$ (passage *homogène* par rapport aux *temps*). En tenant compte de l'équation de Chapman-Kolmogoroff-Smoluchowski, on voit que les formules

$$S(t;\xi) = S(t)[g] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t;\xi,x)g(x)\,dx, \qquad g(x) \in C(-\infty,\infty), \tag{1}$$

$$T(t;x) = T(t)[h] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t;\xi,x)h(\xi)\,d\xi, \qquad h(\xi) \in L(-\infty,\infty), \tag{2}$$

déterminent deux semi-groupes $\{S(t)\}$ et $\{T(t)\}$, $o < t$, d'opérations linéaires, positives et contractiles dans les espaces indiqués.

On sait que, dans des cas étendus, les fonctions $S(t;\ \xi)$ et $T(t;\ x)$, comme $f(t;\ \xi,\ x)$, satisfont aux équations de M. Kolmogoroff

$$b(\xi)S_{\xi\xi} + a(\xi)S_{\xi} = S_t, \tag{3}$$

$$\{[b(x)T]_x - a(x)T\}_x = T_t, \tag{4}$$

où $b(x) > o$. Ici les fonctions $S(t;\ \xi)$ et $T(t;\ x)$ donnent les solutions de certains problèmes de Cauchy posés pour ces équations. Inversement, on peut se donner deux équations différentielles partielles adjointes de types (3) et (4) et se demander sous quelles conditions l'une ou l'autre de ces équations sera vérifiée par une densité de probabilité de transition unique. Pour le type (4) (équation de Fokker-Planck), cette question vient d'être abordée par M. K. Yosida et par l'auteur dans des travaux au cours de publication. L'objet de la Note précédente est de résoudre le même problème pour le type (3) et de rattacher la solution trouvée à celle de l'équation (4).

2. Les problèmes peuvent se formuler comme il suit. Soient $a(x)$ et $b(x)$ deux fonctions continues, $b(x) > o$, $-\infty < x < \infty$. Soient C et L deux opérations différentielles déterminées par

$$C[g] = b(\xi)g''(\xi) + a(\xi)g'(\xi), \qquad g(\xi) \in C[-\infty,\infty], \tag{5}$$

$$L[h] = \{[b(x)h(x)]' - a(x)h(x)\}', \qquad h(x) \in L(-\infty,\infty). \tag{6}$$

C. Choisissons $a(\xi)$ et $b(\xi)$ de manière que C devienne la transformation infinitésimale d'un semi-groupe $\{S(t)\}$, $o \leqq t < \infty$, d'opérations linéaires dans $C[-\infty,\ \infty]$ telles que $\|S(t)\|_C = 1$, $S(t)$ soit positive, laisse $g(\xi) \equiv 1$ invariante, et soit continue au sens fort pour $o \leqq t < \infty$ avec $S(o) = 1$.

L. Choisissons $a(x)$ et $b(x)$ de manière que L devienne la transformation infinitésimale d'un semi-groupe $\{T(t)\}$, $o \leqq t < \infty$, d'opérations linéaires

dans $L(-\infty, \infty)$ telles que $\|T(t)\|_L = 1$, $T(t)$ soit positive, isométrique sur les éléments positifs de $L(-\infty, \infty)$, et soit continue au sens fort pour $0 \leqq t < \infty$ avec $T(0) = I$.

On peut exprimer ces conditions par des conditions correspondantes pour les résolvants $R(\lambda;\ C) = (\lambda I - C)^{-1}$ et $R(\lambda;\ L) = (\lambda I - L)^{-1}$ ou, ce qui revient au même, par des propriétés de l'équation $b(\xi) v'' + a(\xi) v' - \lambda v = 0$ qui définit la fonction de Green pour le problème C.

On obtient les résultats suivants. Soient

$$
(7)\quad \begin{cases}
W(x) = \exp\left\{-\int_0^x \frac{a(s)}{b(s)} ds\right\}, \qquad W_1(x) = \int_0^x W(s)\, ds \\
W_2(x) = \int_0^x [b(s)\, W(s)]^{-1} W_1(s)\, ds, \\
W_3(x) = \int_0^x [b(s)\, W(s)]^{-1} [W_1(\infty) - W_1(s)]\, ds, \qquad [W_1(\infty) < \infty], \\
W_4(x) = \int_0^x [b(s) W(s)]^{-1} [W_1(s) - W_1(-\infty)]\, ds, \qquad [W_1(-\infty) > -\infty].
\end{cases}
$$

Alors, *pour que le problème* C *admette une solution unique, il faut et il suffit que les fonctions* $a(x)$ *et* $b(x)$ *soient telles que*

$$
(8)\qquad \max[W_1(\infty),\ W_3(\infty)] = \infty, \qquad \min[W_1(-\infty),\ W_4(-\infty)] = -\infty.
$$

Les mêmes conditions, avec

$$
(9)\qquad W_2(\infty) = \infty, \qquad W_2(-\infty) = -\infty,
$$

sont nécessaires et suffisantes pour le problème L.

Si $W_1(\infty)$ et $W_1(-\infty)$ sont finis, les deux problèmes sont équivalents, mais si l'une de ces quantités est infinie, le problème C peut avoir une solution sans que le problème L en admette. Les conditions (8) étant remplies, on peut exprimer la densité $f(t;\ \xi, x)$ par la formule d'inversion de l'intégrale de Laplace appliquée à la fonction de Green au-dessus. Cette fonction $f(t;\ \xi, x)$ satisfait aussi à l'équation (4), mais si (9) n'est pas rempli, le semi-groupe $\{T(t)\}$, déterminé par (2), est d'un caractère singulier.

Dans le cas spécial $b(x) = (1 + x^2)^2$, $a(x) \equiv 0$, où (8) est vérifié mais non pas (9), nous avons construit la densité correspondante. Ici on trouve des solutions positives de (4) qui sont dans $L(-\infty, \infty)$ comme fonctions de x mais qui tendent vers zéro en moyenne quand $t \to 0$. Il suit que pour cette équation le problème de Cauchy avec $T(0;\ x)$ donné n'a pas une solution unique dans $L(-\infty, \infty)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Familles de polynomes orthogonaux.* Note de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Émile Borel.

On sait que trois polynomes consécutifs d'un système de polynomes orthogonaux à une variable satisfont à une formule de récurrence de la forme

$$P_n(z) - (A_n z + B_n) P_{n-1}(z) + C_n P_{n-2}(z) = 0.$$

Pour les polynomes d'Hermite, de Laguerre et de Jacobi, les coefficients A_n, B_n, C_n sont des fonctions rationnelles de l'indice n, et le même est le cas pour notre généralisation des polynomes de Lagrange ([1]), ([2]), qui a été étendue, par M. G. Szegö ([3]), aux polynomes hypersphériques. Ci-dessous, nous indiquons deux autres familles de systèmes, de polynomes orthogonaux jouissant de la même propriété, donc qui peuvent être calculés à l'aide des quatre opérations élémentaires.

Les polynomes définis par la formule

$$(E_n)\quad \begin{aligned} &n(n+a-1)P_n(z) - [2z(n+a-1)(n+a) + (n+a-1)b - \gamma a]P_{n-1}(z) \\ &\quad + (n+a)(n+c-1)P_{n-2}(z) = 0 \qquad (n = 1, 2, \ldots, P_0 = 1) \end{aligned}$$

sont orthogonaux dans $< -1, 1 >$ avec le poids

$$(1)\quad \left\{ \begin{aligned} &\rho(z) = \frac{1}{\gamma^2 - 2\gamma z + 1} \frac{2^{c+1}}{\pi \Gamma(c+1)} \Gamma\left(1 + \frac{c}{2} + i\tau\right) \Gamma\left(1 + \frac{c}{2} - i\tau\right)(1 - z^2)^{\frac{c+1}{2}} e^{(2t-\pi)\tau} \\ &\qquad \left(z = \cos t,\ \tau = \frac{(2a-c)\cos t + b}{2 \sin t};\ A_{1[2]} = 1 + \frac{c}{2} \mp i\tau\right). \end{aligned} \right.$$

Ici, γ désigne l'une ou l'autre des racines de l'équation

$$(2)\qquad a\gamma^2 + b\gamma + a - c = 0,$$

et les constantes réelles a, b, c doivent satisfaire aux inégalités

$$(3)\qquad 2a - c \geqq b, \qquad c \geqq 0, \qquad b^2 \geqq 4a(a-c)$$

desquelles résulte

$$(4)\qquad -1 \leqq \gamma \leqq 1.$$

En formant l'expression $E_n - \gamma E_{n-1}$ dont les coefficients sont divisibles par $n + a - 1$, on a d'abord

$$\begin{aligned} &nP_n - [2z(n+a) + \gamma(n-2) + b]P_{n-1} \\ &\quad + [2z\gamma(n+a-2) + n + c + \gamma b]P_{n-2} - \gamma(n+c-2)P_{n-3} = 0 \end{aligned}$$

et de cette formule, on tire pour la fonction génératrice $g(x, z) = \sum_0^\infty x^n P_n(z)$

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1363-1365.
(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1553-1556.
(3) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1998-2000.

l'équation différentielle

$$\begin{aligned} E^*(u) \equiv & (1-\gamma x)(1-2xz+x^2)u' \\ & + [-\gamma(1+c)x^2 + (2z\gamma a + \gamma b + c + 2)x - 2z(a+1) - b + \gamma]u = 0 \end{aligned}$$

dont la solution est

$$(5) \qquad g(x, z) = (1-\gamma x)(1-x e^{it})^{-1-\frac{c}{2}+i\tau}(1-x \bar{e}^{it})^{-1-\frac{c}{2}-i\tau}.$$

Cette fonction satisfait à l'identité

$$(6) \qquad \int_{-1}^{1} g(x, z) g(y, z) \rho(z)\, dz = (1-xy)^{-c-1} \qquad (|x|, |y| < 1),$$

d'où résulte

$$(7) \qquad \int_{-1}^{1} P_\mu P_\nu \rho\, dz = \delta_{\mu\nu} \frac{\Gamma(c+\mu+1)}{\mu!\,\Gamma(c+1)} \qquad (\mu, \nu = 0, 1, \ldots).$$

On démontre (6) soit en traitant la solution $u(x, z)$ de l'équation

$$(8) \qquad E^*(u) = \left[2x(\gamma x - 1)\frac{d}{dx} + 2\gamma a x - 2(a+1)\right](1-xy)^{-c-1}$$

de la même manière que celle de l'équation (5) de ([1]), soit en utilisant le procédé de M. Szegö.

Les deux familles de systèmes de polynomes selon (E_n) se confondent dans le cas où $b^2 = 4a(a-c)$, donc, où les deux racines de (2) coïncident.

Pour $b=0$, $c=2a$, $\{\Gamma(2a)/\Gamma[a+(1/2)]\}\{\Gamma[n+a+(1/2)]/\Gamma(n+2a)\}$ $P_n(z)$ devient identique au polynome de Jacobi $P_n^{[a-(1/2),\, a+(1/2)]}(z)$, ou à $P_n^{[a+(1/2),\, a-(1/2)]}(z)$, selon qu'on prend pour γ la valeur -1 ou 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution d'équations intégrales par transformation en équations à noyaux réciproques.* Note de MM. **Maurice Parodi** et **Louis Poli**, présentée par M. Henri Villat.

1. Soit l'équation intégrale en $f(x)$,

$$(1) \qquad \int_0^\infty K(t, x) f(x)\, dx = g(t),$$

et supposons que l'on effectue sur t une transformation de Laplace. En posant $g(t) \supset \theta(s)$, $K(t, x) \supset N(s, x)$, sa transformée s'écrit

$$(2) \qquad \int_0^\infty N(s, x) f(x)\, dx = \theta(s).$$

Certains noyaux $K(t, x)$ sont tels que $N(s, x)$ peut se mettre sous la forme d'un noyau réciproque, la détermination de la solution de (1) est alors immé-

diate. Nous nous proposons d'illustrer, de façon formelle, cette remarque par quelques exemples.

1° Soit

$$K(t, x) = x I_\nu(\sqrt{2tx}) J_\nu(\sqrt{2tx}) \supset \frac{x}{s} J_\nu\left(\frac{x}{s}\right) = N(s, x) \qquad (\mathcal{R}\nu > -1, \alpha = 0) \quad (^1).$$

En faisant $s = (1/z)$, l'équation (2) s'écrit dans ce cas

$$\int_0^\infty J_\nu(xz) f(x) x\, dx = \frac{1}{z}\theta\left(\frac{1}{z}\right),$$

et d'après un résultat de Hankel, la solution de (1) est

$$f(x) = \int_0^\infty J_\nu(xt)\theta\left(\frac{1}{t}\right) dt.$$

2° Soit

$$K(t, x) = \frac{\begin{matrix}\text{ch}\\ \text{sh}\end{matrix}\sqrt{2tx}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\sqrt{2tx}}{\sqrt{\pi t}} \supset \frac{1}{\sqrt{s}}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left(\frac{x}{s}\right) = N(s, x) \qquad (\alpha = 0).$$

L'équation (2), en faisant $s = (1/z)$, prend la forme

$$\int_0^\infty \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(zx) f(x)\, dx = \frac{1}{\sqrt{z}}\theta\left(\frac{1}{z}\right),$$

et la solution de (1) s'écrit

$$f(x) = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(xz)\theta\left(\frac{1}{z}\right)\frac{dz}{\sqrt{z}}.$$

3° Soit

$$K(t, x) = \begin{matrix}\text{ber}\\ \text{bei}\end{matrix}(2\sqrt{tx}) \supset \frac{1}{s}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left(\frac{x}{s}\right) \qquad (\alpha = 0).$$

Avec le même changement de variable que plus haut, l'équation (2) peut s'écrire

$$\int_0^\infty \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(xz) f(x)\, dx = \frac{1}{z}\theta\left(\frac{1}{z}\right),$$

donc

$$f(x) = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(xz)\theta\left(\frac{1}{z}\right)\frac{dz}{z}.$$

Ces résultats peuvent être modifiés de façon à obtenir une sorte de réciprocité des noyaux ber $(2\sqrt{tx})$ et bei $(2\sqrt{tx})$. Posons $g(t) \supset \theta(s)$, $\theta(t) \supset \Theta(s)$; $\Theta(s)$ est alors la transformée de Stieltjes de $g(t)$; en faisant $z = (1/u)$ dans (3),

(1) α représente l'abscisse de convergence absolue.

il vient

$$f(x)=\frac{2}{\pi}\int_0^\infty \theta(u)\left[\frac{1}{u}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left(\frac{x}{u}\right)\right]du$$

et, compte tenu de la relation de Parceval, on peut écrire

$$f(x)=\frac{2}{\pi}\int_0^\infty \Theta(s)\begin{matrix}\text{ber}\\ \text{bei}\end{matrix}(2\sqrt{xs})\,ds.$$

Ainsi, on a les formules réciproques

$$g(t)=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^\infty \begin{matrix}\text{ber}\\ \text{bei}\end{matrix}(2\sqrt{tx})f(x)\,dx,\qquad f(t)=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^\infty \Theta(x)\begin{matrix}\text{ber}\\ \text{bei}\end{matrix}(2\sqrt{tx})\,dx.$$

2. Remarquons qu'inversement certaines équations de première espèce de la forme

$$\int_0^\infty \mathrm{K}(s,\,x)f(x)\,dx=g(s),$$

peuvent se présenter comme les images d'équations de première espèce dont les noyaux sont réciproques; leur résolution est alors facilitée.

1° Soit par exemple les équations

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^\infty f(x)\,\frac{s}{s^2+x^2}\,dx=\theta(s), \tag{4}$$

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^\infty f(x)\,\frac{1}{s^2+x^2}\,dx=\theta(s). \tag{5}$$

Comme

$$\frac{s}{s^2+x^2}\subset\cos xt,\qquad \frac{1}{s^2+x^2}\subset\sin xt$$

en posant $\theta(s)\subset g(t)$, il apparaît qu'elles se présentent comme les images respectives des équations

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^\infty \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(xt)f(x)\,dx=g(t)$$

de solutions

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^\infty \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(xt)\,g(t)\,dt=f(t).$$

Représentons par $\Lambda(t)$ l'original de $g(s)$, c'est-à-dire la fonction dont la transformée de Stieltjes est $\theta(s)$; la relation de Parceval permet de mettre les solutions respectives de (4) et (5) sous la forme

$$f(x)=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^\infty \Lambda(s)\frac{s}{s^2+x^2}\,ds,\qquad f(x)=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^\infty \Lambda(s)\frac{1}{s^2+x^2}\,ds,$$

établissant ainsi pour les noyaux susvisés une réciprocité à rapprocher de celle obtenue pour les noyaux ber et bei.

2° Une méthode analogue pourrait être utilisée pour un certain nombre de noyaux parmi lesquels on peut citer le suivant :

$$K(s, x) = \frac{e^{-\sqrt{xs}}}{\sqrt{s}} \frac{\sin}{\cos}(\sqrt{xs}) \subset \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \frac{\sin}{\cos}\left(\frac{x}{2t}\right).$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs déficientes des fonctions méromorphes d'ordre nul.* Note (*) de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Paul Montel.

Dans un Mémoire dont il m'a communiqué le texte, M. Pham étend aux fonctions méromorphes périodiques d'ordre fini les procédés qu'il a utilisés pour les fonctions entières ([1]) et en déduit par la transformation exponentielle des propriétés des fonctions méromorphes d'ordre nul. Il énonce en particulier cette proposition :

Une fonction $f(z)$ (non rationnelle) méromorphe en tout point à distance finie, dont la fonction caractéristique $T(r) = T(r, f)$ de Nevanlinna vérifie la condition

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{T(r)}{(\log r)^2} < \infty \tag{1}$$

possède au plus une valeur déficiente de Nevanlinna. Cette propriété reste vraie si

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log T(r)}{\log(\log r)} < \infty$$

et si la croissance de $T(r)$ est régulière ([2]).

Je me propose de montrer que l'on obtient directement des propriétés plus précises et plus générales en s'appuyant sur les trois propositions connues suivantes :

a. Si $N(r, x)$ est la moyenne de Jensen relative aux zéros de $f(z) - x$ (aux pôles si $x = \infty$) on a $N(r, x) < T(r) + O(1)$;

b. Pour tous les x, sauf au plus pour un ensemble de mesure linéaire nulle, on a

$$N(r, x) \sim T(r). \tag{2}$$

c. Si $F(z)$ est une fonction entière d'ordre nul, $M(r, F)$ le maximum de $|F(z)|$ pour $|z| = r$ et $n(t)$ le nombre des zéros de module inférieur à t, on a

$$N(r, 0) < \log M(r, F) < N(r, 0) + r\int_r^\infty \frac{n(t)}{t^2}\,dt + O(\log r), \tag{3}$$

(*) Séance du 5 décembre 1949.

([1]) *Ann. Éc. Norm.*, 65, 1948, p. 11-70.

([2]) Dans les deux cas, M. Pham fait une hypothèse supplémentaire qu'on peut supprimer.

si $n(t) = O(\log t)$, le second terme du troisième membre est $O(\log r)$.

Montrons que :

I. *Si la condition* (1) *est vérifiée, on a, pour tout couple de nombres a, b différents,*

$$(4) \qquad N(r, a, b) \sim T(r),$$

$N(r, a, b)$ *désignant pour chaque r le plus grand des nombres* $N(r, a)$, $N(r, b)$.

Supposons en effet qu'il existe deux nombres a, b pour lesquels, dès que r est assez grand, $N(r, a) < kT(r)$, $N(r, b) < kT(r)$, $k < 1$. Moyennant une transformation homographique, on peut supposer que $a = \infty$, $b = 1$ et que zéro *est une valeur normale pour laquelle* (2) *est vérifiée*. Écrivons $f(z)$ sous la forme $F(z)/G(z)$ mettant en évidence les zéros et les pôles; d'après a le nombre de ces zéros, pôles, et des zéros de $F(z) - G(z)$, de module moindre que t, est $O(\log t)$, donc, d'après (3),

$$\log M(r, F) \sim N(r, 0) \sim T(r), \qquad \log M(r, G) \sim N(r, \infty) < kT(r),$$
$$\log M(r, F - G) \sim N(r, 1) < kT(r);$$

et des deux premières égalités, on déduit, en contradiction avec la troisième, $\log M(r, F - G) \sim T(r)$. Cette contradiction démontre la proposition. Compte tenu de (3), le raisonnement montre que

II. *L'égalité* (4) *reste vraie si la croissance de* $T(r)$ *est régulière en ce sens que l'inégalité*

$$(5) \qquad \int_0^r n(t)\frac{dt}{t} < T(r)$$

fournisse une fonction $n(t)$ *telle que*

$$(6) \qquad r\int_r^{\infty} \frac{n(t)}{t^2}\,dt = o[T(r)].$$

Il existe des fonctions à croissance régulière ainsi définie dont l'ordre tend vers zéro aussi lentement que l'on veut. En particulier, (4) montre que, s'il existe une valeur déficiente de Nevanlinna, soit a, telle que

$$(7) \qquad \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{N(r, a)}{T(r)} < 1,$$

toutes les autres valeurs sont normales, elles vérifient (2).

III. *Une fonction méromorphe d'ordre nul possède au plus une valeur déficiente de Nevanlinna.*

La démonstration reste à peu près la même. On suppose la valeur 0 normale et l'on montre que si (7) a lieu pour $a = \infty$, elle est impossible pour $a = 1$. En effet, dans (5) on peut remplacer $T(r)$ par une majorante $W(r)$ permettant de borner $n(t)$ de telle façon que le second membre de (6) soit remplacé par $O[W(r)]$. Et, l'on peut faire cette majoration de façon que, pour une suite de r

tendant vers l'infini, $W(r)$ soit inférieur à $hW(r)$, h étant un nombre fixe supérieur à 1 ([3]). Alors, pour ces r, $O[W(r)] = o[T(r)]$ et les considérations précédentes s'appliquent.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Quelques propriétés à la frontière se rattachant à la classification des surfaces de Riemann.* Note ([*]) de M. **Leo Sario**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Pour classer les surfaces de Riemann ouvertes, il est naturel de s'appuyer sur l'existence et la non-existence sur ces surfaces de fonctions appartenant à certaines catégories données. Le problème, posé par Painlevé en 1909 dans un cas particulier, a été récemment envisagé par MM. Ahlfors ([1]), Nevanlinna ([2]) et Myrberg ([3]) et dans deux de nos travaux ([4]), ([5]). Le théorème sur l'existence de fonctions d'allure donnée que nous venons d'énoncer ([6]) va nous permettre d'indiquer quelques rapports entre les propriétés à la frontière et l'existence de fonctions sur une surface de Riemann.

2. Pour simplifier les notations, nous employerons les abréviations suivantes : H pour harmonique uniforme non constante, A pour analytique uniforme non constante, B pour bornée et D pour : ayant une intégrale de Dirichlet finie. Désignons par IK ($I = H$ ou A ; $K = B$ ou D) la classe des fonctions ayant les propriétés I et K. Nous dirons qu'une surface sur laquelle il n'existe aucune fonction appartenant à une classe (fixée) IK est *de la classe* C_{IK} ou qu'elle possède une *frontière enlevable* IK (hebbar IK).

Cette notion se rattache à la notion classique d'une singularité enlevable (hebbare Singularität) comme suit. Soit F une surface de Riemann ouverte de genre fini. On peut toujours choisir un domaine compact F_0 sur F, de sorte que son complémentaire $G = F - F_0$ soit de genre zéro, donc capable d'être représenté conformément sur une partie G d'un cercle K, de façon que l'image de la frontière γ_0 de F_0 soit la périphérie de K et celle de la frontière Γ de F soit un ensemble de points intérieur à K. On démontre ([5]) :

Pour que la frontière Γ *de* F *soit une singularité enlevable pour toute fonction* IK *dans un voisinage* G *de* Γ *il faut et il suffit que la surface soit de la classe* C_{IK}.

3. Envisageons d'abord les classes des fonctions harmoniques HK. Soit F une surface de Riemann arbitraire. On a considéré en général (sans démons-

([3]) *Bull. Sc. math.*, 59, 1935, p. 298-320, en particulier n° 7.

([*]) Séance du 5 décembre 1949.
([1]) *Duke Math. J.*, 14, n° 1, 1947, p. 1-11.
([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2002.
([3]) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A. I, n° 58, 1949, p. 1-7.
([4]) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A. I, n° 50, 1948, p. 1-79.
([5]) *XIe Congr. Math. Scand.*, Trondheim, 1949.
([6]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1293.

tration) qu'une condition caractéristique de l'existence de fonctions HK sur F était que la mesure harmonique de la frontière soit positive. Cependant, une autre « mesure » intervient plus efficacement dans cette question.

Soit F_0 un domaine compact de F de complémentaire connexe. Nous disons qu'une fonction possède la propriété H_0 si elle possède la propriété H dans $F - F_0$ et si elle s'annule sur la frontière γ_0 de F_0. Divisons la classe H_0K en deux sous-classes H_0K_0 et H_0K_1 selon que les fonctions u de H_0K possèdent une dérivée moyenne $\int_{\gamma_0} \frac{\partial u}{\partial n}\,ds$ nulle ou non nulle. Le fait que la mesure harmonique est positive signifie seulement qu'il existe des fonctions H_0K_1 ([5]). Or, d'après le théorème indiqué ([6]) c'est la classe H_0K_0, au lieu de H_0K_1, qui joue un rôle caractéristique ([7]):

Théorème 1. — *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'il n'existe aucune fonction* HK *sur une surface de Riemann arbitraire* F *est que la classe* H_0K_0 *soit vide.*

Le théorème cité ([6]) contient encore les deux critères suivants, le dernier ayant été, pour un genre fini, démontré en premier lieu par M. Myrberg ([8]):

Si la frontière d'une surface de Riemann se laisse diviser en deux parties de mesure harmonique positive, il existe sur la surface des fonctions HK.

Une condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'une fonction de Green sur une surface de Riemann est que la mesure harmonique de sa frontière soit positive.

4. Envisageons ensuite les classes de fonctions analytiques AK.

Théorème 2. — *Les surfaces* C_{AK} $(K = B, D)$ *de genre fini possèdent les propriétés suivantes :*

1° *Toutes les surfaces closes sur lesquelles une surface donnée de la classe* C_{AK} *peut être prolongée sont conformément équivalentes.*

2° *Toute représentation conforme d'une surface donnée* C_{AK} *sur une partie d'une surface close est unique à une représentation conforme près de celle-ci sur elle-même ; en particulier :*

3° *Une représentation univalente d'une surface* C_{AK} *de genre zéro est unique à une représentation linéaire près ; par suite :*

4° *Toutes les uniformisations d'une surface de Riemann donnée à l'aide d'une surface de recouvrement* C_{AK} *(fixée) dépendent l'une de l'autre d'une façon linéaire.*

On sait qu'il existe des ensembles E de points du plan (ensembles de Cantor) dont le complémentaire F appartient à C_{AD}, mais non à C_{AB}. Par conséquent :

([7]) Durant l'impression de cette Note, M. Ahlfors m'a annoncé, dans une lettre datée du 18 décembre 1949, qu'il a effectivement trouvé des surfaces C_{HB} et C_{HD} à frontière de mesure harmonique *positive*.

([8]) *Acta Math.*, 61, 1933, p. 39-79.

Il existe des surfaces ouvertes F *qui jouissent des propriétés* 1°-4° *sans appartenir à la classe* C_{AB}.

Il existe des ensembles E *de points du plan tels que* E *est une singularité enlevable pour toute fonction univalente* AB *dans un voisinage* G *de* E, *mais pas pour toute fonction multivalente* AB *dans* G.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les séries trigonométriques.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous avons, dans des Notes antérieures, indiqué divers résultats concernant l'approximation des fonctions continues périodiques et quelques conséquences relatives aux séries trigonométriques. En particulier nous avons pu déterminer l'approximation en un point x de $f(x)$ par ses sommes de Fejer σ_n [procédé $(C, 1)$] exprimée en fonction de f lorsque la meilleure approximation trigonométrique de f, $E_n(f) = O(1/n)$ [ou $o(1/n)$] ou, condition équivalente lorsque $\Delta_2(f, x, t) = O(t)$ [ou $o(t)$] (1). Lorsque $E_n(f) = O(1/n)$ ou $o(1/n)$, nous n'avions pas exprimé l'approximation au point x de la fonction conjuguée $f^{\cdot}$ par $\sigma_n^{\cdot}$ *en fonction de* f. L'objet de cette Note est de donner la réponse à ce problème et quelques applications de la solution.

Nous démontrons le théorème suivant :

Lorsque $E_n(f) = O(1/n)$ (*ou* $o(1/n)$)

$$a. \qquad \int_0^h \frac{f(x+t) - f(x)}{t}\, dt = f(x+h) - f(x) + O(h) \; [ou\; o(h)].$$

$$b. \qquad \frac{h}{\pi}\int_h^{+\infty} \frac{f^{\cdot}(x+t) + f^{\cdot}(x-t) - 2f^{\cdot}(x)}{t}\, dt + f(x+h) - f(x) = O(h) \; [ou\; o(h)].$$

$$c. \qquad f^{\cdot}(x) - \sigma_n^{\cdot}(x) = f\left(x+h\right) - f(x) + O(h) \; [ou\; o(h)]$$

où $n = [1/h]$ *est la partie entière de* $1/h$ $(h > 0)$.

La démonstration qui utilise sensiblement la même méthode qui nous a servi nécessite l'emploi des lemmes suivants complétant des résultats acquis :

1° *Si* $E_n(f) = O(1/n)$ [*ou* $o(1/n)$], $\sigma_n''(x) = O(n)$ [*ou* $o(n)$] *uniformément en* x.

2° *Pour que* $E_n(f) = O(1/n^r)$ $(r > 0)$ [*ou* $o(1/n^r)$], *il faut et il suffit qu'existe une suite de polynomes trigonométriques* $P_n(x)$ *convergeant uniformément vers* $f(x)$ *tels que pour un entier* $k > r$, $P_n^{(k-r)}(x) = O(n^{k-r})$ [*ou* $o(n^{k-r})$].

Nous avons aussi remarqué que si $|P_n - f| = O(E_n)$ [$E_n = O(1/n)$ ou $o(1/n)$]

$$P'_n(x) = n[f^{\cdot}(x) - \sigma_n^{\cdot}(x)] + O(nE_n).$$

Pour établir les propriétés qui découlent du théorème précédent on remarque

(1) M. Zamansky, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 66, 1949, fasc. 1, p. 19-93; *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1687; 228, 1949, p. 1838; 229, 1949, p. 695.

que si u_p est le terme d'une série telle que $\left|\sum_1^n pu_p\right| = O(n^\alpha)(\alpha > 0)$, la série $\sum \frac{u_\rho}{p^\beta}$ converge pour $\beta > \alpha - 1$, de plus si u_p est fonction continue de x et si $\left|\sum_1^n pu_p\right| = O(n^\alpha)$ uniformément en x, $\sum \frac{u_\rho}{p^\beta}$ converge uniformément pour $\beta > \alpha - 1$.

D'autre part :

$S_n(x)$ désignant la somme de Fourier d'ordre n, de $f(x)$ et r étant un nombre > 0, si $S_n - f = o(1/n^r)$ uniformément en x, $S_n^{\cdot} - f^{\cdot} = o(1/n^r)$ uniformément en x et la condition nécessaire et suffisante pour qu'il en soit ainsi est que $S_n^{(k)}(x) = o(n^{k-r})$ uniformément en x, au moins pour un entier $k > r$.

Les applications suivantes contiennent en particulier une généralisation d'un théorème de Fatou et dont M. Zygmund ([1]) avait montré qu'il était valable moyennant la condition $\sum_1^n p(|a_p| + |b_p|) = o(n)$ imposée aux coefficients a_n, b_n au lieu de $a_n = o(1/n)$, $b_n = o(1/n)$.

1° *Soit* (T) $\sum_1^\infty a_p \cos px + b_p \sin px$ *une série trigonométrique*

$$S_n(x) = \sum_1^n a_p \cos px + b_p \sin px.$$

a. Si $S'_n(x)/n = O(1)$ [*ou* $o(1)$] *uniformément en x*

$$\left(\textit{en particulier si } \sum_1^n p(|a_p| + |b_p|) = o(n)\right),$$

$$\left|S_n(x) - \frac{F(x+h) - F(g)}{h}\right| = O(1) \text{ [ou } o(1)],$$

uniformément en x avec $n = \left[\frac{1}{h}\right]$, $F(x) = C + \sum_1^\infty \frac{a_p \sin px - b_p \cos px}{p}$. *Dans le cas où* $S'_n(x)/n = o(1)$, F' *existe sur un ensemble partout dense* $\mathcal{E}$ *parce que* $E_n(F) = o(1/n)$ *et sur* $\mathcal{E}$, $S_n(x)$ *converge vers* $F'(x)$.

b. Si (T) *est la série de Fourier de f sommable et si* $S'_n(x)/n = o(1)$ *uniformément en x*, (T) *converge vers f en tout point où f est la dérivée de son intégrale.*

2° *a. Soit* $\sum_1^\infty (a_{n_p} \cos n_p x + b_{n_p} \sin n_p x)$, *où* a_{n_p} *et* b_{n_p} *tendent vers zéro pour* $p\ \infty$. *Si* $\sum_1^p n_k = O(n_p)$, *cette série converge sur un ensemble partout dense.*

([1]) *Duke mathematical Journal*, 1945.

b. Si $f \sim \sum_{1}^{\infty}(a_{n_p}\cos n_p x + b_{n_p}\sin n_p x)$ *et si* $\sum_{1}^{p} n_k = O(n_p)$, *la série de Fourier de f converge vers f en tout point où f est la dérivée de son intégrale.*

La condition $\sum_{1}^{p} n_k = O(n_p)$ est plus générale que la condition $(n_{k+1}/n_k) > q > 1$; lorsque cette dernière a lieu, on a aussi $\sum_{1}^{p} n_k = O(n_p)$; mais il est clair que $\sum_{1}^{p} n_k = O(n_k)$ est compatible avec la condition $\underline{\lim}_{k\infty}(n_{k+1}/n_k) = 1$.

3° *Dans la classe des fonctions continues définie par* $E_n(f) = o(1/n^2)$ *ou, condition équivalente, par* $[\Delta_3(f, x, t)/t^2] = o(1)$ *uniformément en x, l'existence en un point d'une dérivée seconde généralisée* $\left[\lim_{h=0}[f(x+h)+f(x-h)-2f(x)]/h^2\right]$ *entraîne l'existence de la dérivée seconde ordinaire et les deux dérivées sont égales.*

TOPOLOGIE. — *Sur la structure multiplicative de l'anneau de cohomologie d'un espace fibré.* Note(*) de M. **Guy Hirsch**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à la précédente ([1]) dont je conserverai les notations.

7. Dans le cas où $\check{F}$ est un espace à anneau de cohomologie plus général, un raisonnement analogue à celui du n° 3 conduira à exprimer par une formule analogue à (4) les produits des extensions des générateurs de $\check{\mathfrak{H}}'$, dont le produit dans $\check{\mathfrak{H}}'$ est nul. Les relations remplaçant (3) feront intervenir des classes arbitraires pour les dimensions des générateurs de $\check{\mathfrak{H}}'$, ainsi que pour les différences de ces dimensions; les relations (6) contiendront des polynomes en plusieurs classes arbitraires, et le calcul des invariants (7) (plus nombreux) sera plus compliqué.

Par exemple, dans le cas particulier où $\check{F}$ est le produit cartésien de deux sphères à h' et h'' dimensions ($h' < h''$), le choix d'une nouvelle extension pour la classe $\check{z}'$ à h' dimensions dépendra d'un z' arbitraire à h' dimensions, et la nouvelle extension pour la classe $\check{z}''$ à h'' dimensions dépendra de deux classes arbitraires, z'' à h'' dimensions et z à $h''-h'$ dimensions [relations analogues à (3)]. Les deux relations correspondant à (4) et exprimant $[\tilde{U}(\check{z}')]^2$ et $[\tilde{U}(\check{z}'')]^2$ introduisent sept classes jouant le rôle des x_i (certaines pouvant d'ailleurs se

(*) Séance du 14 décembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1297.

réduire à des constantes) de dimension respectivement h', h'', $h''-h'$, $2h'$, $2h''$, $2h''-h'$ et $2h'-h''$, et dépendant de z', z'' et z. Les invariants absolus sont respectivement de dimension $2h'$, $2h''$, $2h''-h'$ et $2h'-h''$ ([2]) (certains pouvant d'ailleurs être nuls).

8. Enfin, le cas général où $\tilde{I}$ n'est pas un isomorphisme (*voir* n° 1) semble requérir des considérations assez différentes, même dans le cas le plus simple où $\check{F}$ est (au point de vue homologie) une sphère à h dimensions ([3]).

Il existe dans ce cas une classe $W' \in \mathfrak{H}'$, appelée classe caractéristique. [En désignant par $\check{z}$ le cocycle fondamental à h dimensions de $\check{F}$ et par W' l'isomorphisme caractéristique ([4]), $W' = W'(\check{z})$.] Si $\tilde{I}$ n'est pas un isomorphisme, W' n'est pas nul.

Désignons par D la multiplication (dans l'anneau de cohomologie $\mathfrak{H}'$) par W'. Soient $\mathfrak{J}'$ le noyau et $\mathfrak{R}'$ le groupe-image de D (ce sont des idéaux).

L'extension $\tilde{u} = \tilde{U}(\check{z})$ est une cochaîne déterminée par $\delta\tilde{u} = P'(W')$ ([5]). Pour $f \in \mathfrak{J}'$, il existe une classe $P'_1(f) \in \tilde{\mathfrak{H}}'$, définie à partir de

$$P'(f) \cup \tilde{u} \quad ([5]). \tag{8}$$

$\tilde{\mathfrak{H}}'$ est encore isomorphe à la somme directe de

$$P'\left(\frac{\mathfrak{H}'}{\mathfrak{R}'}\right) \quad \text{et} \quad P'_1(\mathfrak{J}') \quad ([3]). \tag{9}$$

Le raisonnement fait dans la Note précédente n'est plus applicable à u^2. Mais la structure multiplicative de $\tilde{\mathfrak{H}}'$ dépend de la considération des produits $P'_1(f')P'_1(f'')$ pour toutes les paires f' et $f'' \in \mathfrak{J}'$ ([6]).

Le remplacement de l'extension $\tilde{u}$ par une autre extension $\tilde{v}$ dans (8), remplaçant P'_1 par Q'_1 [défini à partir de $P'(f) \cup \tilde{v}$], substitue à $P'_1(f)$ une classe $Q'_1(f) = P'_1(f) - Z(f)$; Z est un homomorphisme (augmentant de h la dimension) de $\mathfrak{J}'$ dans $\mathfrak{H}'/\mathfrak{R}'$ ([7]). Au point de vue multiplicatif, $Z(xf) = xZ(f)$ pour $x \in \mathfrak{H}'$ et $f \in \mathfrak{J}'$.

Par analogie avec (4), et en vertu de (9), nous poserons, pour f' et $f'' \in \mathfrak{J}'$ et avec $X_0(f', f'')$ et $X_1(f', f'') \in \mathfrak{H}'$,

$$P'_1(f')P'_1(f'') = P'[X_0(f', f'')] + P'_1[X_1(f', f'')] \tag{10}$$

([2]) Lorsque $2h' < h''$, on retrouve notamment l'expression de l'invariant de dimension $2h'$ cité au n° 3 (ainsi que l'invariant relatif de dimension h'). *Voir* aussi 1[re] Note ([4]).

([3]) *Voir* note ([2]) de la Note précédente.

([4]) *Voir* ma Note *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1328-1330.

([5]) P' dans cette relation s'applique au groupe des cochaînes.

([6]) On vérifie aisément que $P'(f')P'_1(f'') = P'_1(f'f'')$.

([7]) $Z(f)$ contient notamment tous les éléments de $f\mathfrak{H}'_{(h)}$. L'indice entre parenthèses indique la dimension.

définissant l'homomorphisme X_0 du carré cartésien de $\mathfrak{F}'$ dans $\mathfrak{H}'/\mathfrak{K}'$ (augmentant la dimension de $2h$), et l'homomorphisme X_1 de ce carré dans $\mathfrak{H}'$ (augmentant la dimension de h). Au point de vue multiplicatif, on a

$$X_i(\mathrm{x}\mathrm{f}', \mathrm{y}\mathrm{f}'') = \mathrm{x}\mathrm{y}X_i(\mathrm{f}', \mathrm{f}'')$$

pour x et $\mathrm{y} \in \mathfrak{H}'$ et $i = 0$ ou 1.

En posant [par analogie avec (5)],

$$Q'_1(\mathrm{f}')Q'_1(\mathrm{f}'') = P'[Y_0(\mathrm{f}', \mathrm{f}'')] + Q'_1[Y_1(\mathrm{f}', \mathrm{f}'')],$$

on en déduira

(11) $$Y_1(\mathrm{f}', \mathrm{f}'') = X_1(\mathrm{f}', \mathrm{f}'')] - 2Z(\mathrm{f}', \mathrm{f}'')$$

et

(12) $$Y_0(\mathrm{f}', \mathrm{f}'') = X_0(\mathrm{f}', \mathrm{f}'') + Z[X_1(\mathrm{f}', \mathrm{f}'')] - Z(\mathrm{f}')Z(\mathrm{f}'');$$

(11) et (12) indiquent comment se transforment les homomorphismes X_0 et X_1 pour un autre choix de $\tilde{\mathrm{v}}$, correspondant à un homomorphisme Z.

Outre l'invariant relatif X_1, il résulte de (11) et (12) que l'homomorphisme T défini par $4\mathrm{f}'\mathrm{f}''X_0(\mathrm{f}', \mathrm{f}'') + X_1(\mathrm{f}', \mathrm{f}'')X_1(\mathrm{f}', \mathrm{f}'')$ est un invariant absolu (c'est-à-dire indépendant du choix de $\tilde{\mathrm{u}}$ ou de Z). T représente l'ensemble d'un f' de dimension k' et d'un f'' de dimension k'' sur un élément de $\mathfrak{H}''_{(2k'+2k''+2h)}/\mathfrak{K}'_{(2k'+2k''+2h)}$ ([7]).

Dans le cas particulier (étudié dans la 1re Note) où $\bar{I}$ est un isomorphisme, $\mathfrak{F}' = \mathfrak{H}'$ et $\mathfrak{K}' = 0$; il existe des classes z, x_0 et $\mathrm{x}_1 \in \mathfrak{H}'$ telles que $Z(\mathrm{f}) = \mathrm{f}\mathrm{z}$, et $X_i(\mathrm{f}', \mathrm{f}'') = \mathrm{x}_i\mathrm{f}'\mathrm{f}''(i = 0$ ou 1). Il n'en sera apparemment plus ainsi dans le cas général. La non-existence de sections sur le squelette à h dimensions ne permet évidemment plus la considération d'un deuxième obstacle (*voir* n° 5). La signification géométrique de ces homomorphismes semble assez obscure.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une généralisation des orthosurfaces.* Note de M. **Jean Mirguet**, transmise par M. Georges Bouligand.

Le lemme d'univocité de M. Georges Bouligand ([1]) permet de définir les orthosurfaces ([2]) et, moyennant des conditions supplémentaires simples apposées à la constitution des paratingents ([3]), d'obtenir des théorèmes de planéité ou de convexité du contingent. Par imitation de ce procédé, le présent travail propose des ensembles, plus généraux que des réunions d'orthosurfaces, et possédant partout un contingent réduit soit à deux plans, soit aux deux nappes d'un cône convexe. Outre l'intérêt propre de cette généralisation, cette étude

---

(1) *Introduction à la Géom. Inf. Directe*, Paris, 1932, p. 78.

(2) *Loc. cit.*, p. 82. *Cf.* J. Mirguet, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 51, 1934, III, p. 224.

(3) *Loc. cit.*, p. 167. J. Mirguet, *loc. cit.*, p. 233 et *Revue Scient.*, 85e année, II, p. 67.

offre encore une possibilité d'analyse directe des singularités des surfaces et permet des applications à la théorie des enveloppes ([1]).

1. Les ensembles de l'espace à 3 dimensions que nous proposons d'étudier jouiront de deux propriétés de régularisation A et B.

A. En chaque point M de l'ensemble E, il existe une direction $\Delta(M)$, au moins (une telle direction sera désignée par *régulatrice*) telle que toute droite Δ' parallèle à $\Delta(M)$ qui tendra, d'une manière quelconque, vers le point M finira par contenir indéfiniment au moins un point M′ de E avant d'atteindre M, et ce point M′ tendra vers M en même temps que la parallèle Δ'.

B. Soit D une droite issue de M et qui, pour l'ensemble E en M, n'est pas paratingente de rang >1. Désignons génériquement par $P_D(\theta)$ le demi-plan issu de D, variable avec le paramètre angulaire θ compris entre 0 et 2π. Menons parallèlement à D dans $P_D(\theta)$ la droite D′ qui tend (continûment) vers M; D′ rencontre l'intersection $EP_D(\theta)$ en un nombre $n(\theta)$ de points tendant vers M; il est supposé que ce nombre $n(\theta)$ sera, pour $D' \to M$, alternativement ou constamment égal à 0, 1, ou 2.

Nous dirons que D possède un indice de parité (IP) si :

1° A chaque valeur de θ correspond une distance $e(\theta)$ telle que pour D′ située à une distance d de M satisfaisant à $0 < d \leqq e(\theta)$, le nombre $n(\theta)$ reste le même;

2° Si $n(\theta)$ conserve la même *parité* quand θ varie, sauf peut-être pour un nombre fini de valeurs de θ.

La seconde régularisation B de E sera que chaque droite D issue d'un point M de E et qui n'est pas paratingente de rang >1 de E en M *possédera un* IP. Un ensemble qui, en chaque point, possède les propriétés A et B sera dit un ensemble S.

2. Parmi les ensembles S, considérons la classe définie par les deux conditions supplémentaires que voici :

α. Le paratingent de rang >1 ne remplit nulle part un volume.

β. En chaque point M, le signe qui correspond à l'IP de chaque droite issue de M et qui n'est paratingente de rang >1 en M est toujours le même (+ si les $n(\theta)$ sont 0 ou 2, — si les $n(\theta)$ sont 1) sauf peut-être pour un sous-ensemble d'entre elles ne remplissant jamais un volume.

Cette classe des ensembles S sera désignée par ensembles Σ. La surface d'une sphère est partout un ensemble Σ; celle d'un demi-cône de révolution de demi-ouverture $\neq (\pi/2)$ est partout une Σ sauf en son sommet.

3. En un point M d'une Σ où une régulatrice n'est pas paratingente, la Σ est une orthosurface; d'après α, le ctg est convexe et s'il n'était pas plan, les droites extérieures au cône du ctg rempliraient un volume et, d'après α, ne seraient pas paratingentes de rang >1 et seraient de signe +; or les droites

([1]) G. Bouligand, *Cours de Géométrie analytique*, Paris, 1946, § 142, p. 258.

peu inclinées sur la régulatrice, ne sont pas paratingentes, sont de signe — et remplissent un volume. Donc, une non-planéité du ctg convexe est incompatible avec β; *donc, le ctg est plan.*

4. On verrait de même qu'en un point M où toutes les régulatrices sont paratingentes, mais où au moins une d'entre elles n'est pas de rang > 1, il existe, par rapport à cette dernière Δ, trois espèces de demi-plans $\Delta(\theta)$ issus de Δ :

1° $\Sigma\Delta(\theta)$ est une orthocourbe unique à demi-tg unique en M;

2° $\Sigma\Delta(\theta) =$ deux orthocourbes chacune à demi-tg unique en M, mais ces deux demi-tg sont confondues.

3° $\Sigma\Delta(\theta) =$ deux orthocourbes chacune à demi-tg unique en M et ces deux demi-tg sont distinctes.

S'il existe un $\Delta(\theta)$ de troisième espèce, il existera au plus deux $\Delta(\theta_1)$ et $(\Delta\theta_2)$ d'espèces différentes et qui seront *opposés* s'ils existent, d'après la condition α.

Si $\Delta(\theta_1)$ et $\Delta(\theta_2)$ n'existent pas, le ctg en M est constitué *par les deux nappes d'un cône convexe* [Exemple : une strophoïde droite tournant autour de son axe de symétrie est une $\Sigma\xi 3$ en chaque point, sauf au point multiple où elle est une $\Sigma\xi 4$ sans $\Delta(\theta_1)$ et $\Delta(\theta_2)$]. Si $\Delta(\theta_1)$ et $\Delta(\theta_2)$ existent, le ctg en M est *réduit à deux plans tangents* (la réunion de deux sphère sécantes le long de l'intersection).

5. Une réunion de singularités du $\xi 4$, où $\Delta(\theta_1)$ et $\Delta(\theta_2)$ existent, peut constituer sur la Σ un lieu qui sera une orthocourbe. Les points de ce lieu tendant vers l'un d'eux M, tendront vers M selon les demi-tg uniques situées dans $\Delta(\theta_1)$ et $\Delta(\theta_2)$; or, ces deux dernières demi-tg sont opposées d'après α; donc, le lieu sera une orthocourbe douée partout d'une tangente.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la structure des semi-groupes de variables aléatoires.* Note (*) de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Émile Borel.

M. Paul Lévy dans une lettre récente m'a posé quelques questions auxquelles je répondrai dans cette Note et dans une Note ultérieure :

1° L *étant la loi de probabilité d'une aléatoire indécomposable,* L^p *peut-elle admettre d'autres décompositions que* L^q $(q = 0, 1, 2, \ldots, p)$?

En appelant semi-groupe élémentaire tout semi-groupe de lois dont la fonction caractéristique est $\varphi^\alpha(z)$ en existe-t-il d'autres que :

a. $\alpha \geq 0$ quelconque et $\varphi(z)$ fonction caractéristique d'une loi indéfiniment divisible;

b. α entier positif quelconque et $\varphi(z)$ caractéristique ce qui entraîne les deux questions :

(*) Séance du 14 décembre 1949.

2° $\varphi^p(z)$ *et* $\varphi^q(z)$ *étant des fonctions caractéristiques avec p et q premiers entre eux, en résulte-t-il que* $\varphi(z)$ *est une fonction caractéristique ?*

3° $\varphi^\alpha(z)$ (*α irrationnel*) *et* $\varphi(z)$ *étant des fonctions caractéristiques, en résulte-t-il que* $\varphi(z)$ *est la fonction caractéristique d'une loi indéfiniment divisible ?*

Les exemples que je vais donner montrent que la réponse à la première question est affirmative, la réponse aux deux autres étant négative. Je compte développer dans un autre recueil ces résultats qui montrent toute la différence qui sépare l'arithmétique des entiers de l'arithmétique des lois de probabilité : champ de recherches ouvert par M. Paul Lévy dans divers Mémoires fondamentaux.

Première question. — La variable aléatoire X de fonction génératrice

$$G(z) = \frac{1}{35}(1 + 2z + 5z^2 + 12z^3 + 15z^4)$$

est indécomposable, $G(z) = 0$ ayant ses quatre racines imaginaires et la seule décomposition possible de $G(z)$ en polynomes du second degré à coefficients réels étant $(1 - z + 5z^2)(1 + 3z + 3z^2)/35$ dont tous les facteurs n'ont pas leurs coefficients positifs. On a

$$G^2(z) = \left(\frac{1 + 3z + 3z^2}{7}\right)\left(\frac{1 + z + 8z^2 + 17z^3 + 28z^4 + 45z^5 + 75z^6}{175}\right) = P_1(z)\,P_2(z),$$

$P_1(z)$ et $P_2(z)$ sont deux fonctions génératrices. Donc X étant indécomposable, $X + X$ peut se décomposer en deux variables $X_1 + X_2$ avec $X \neq X_1$ et $X \neq X_2$.

Un exemple d'un fait de même nature, bien que différent, peut s'obtenir en cherchant les décompositions possibles de la somme d'une aléatoire normale et d'une aléatoire prenant seulement deux valeurs différentes avec la probabilité $1/2$.

La fonction caractéristique de cette somme à un changement d'échelle près est $e^{-(\sigma^2 t^2/2)}\cos t$, et ce que l'on sait de la décomposition des variables normales et de l'indécomposabilité de $\cos t$ en produit de fonctions caractéristiques entraînerait, si les théorèmes de l'arithmétique des entiers étaient valables, comme seules de compositions possibles $e^{-(\sigma_1^2 t^2/2)}\cos t$ et $e^{-(\sigma_2^2 t^2/2)}$ (avec $\sigma_1^2 + \sigma_2^2 = \sigma^2$). Or $e^{-(\sigma_1^2 t^2/2)}\left[(\sqrt{2}\cos(t/2)) + 1/(\sqrt{2} + 1)\right]$ est une fonction caractéristique et il en est de même de $e^{-(\sigma_2^2 t^2/2)}\left[(\sqrt{2}\cos(t/2) - 1)/(\sqrt{2} - 1)\right]$ si $\sigma^2 \geqq 1/4 \log 8$. Si σ^2 est plus grand que cette valeur, il y a donc d'autres décompositions possibles que celles indiquées. Ce résultat a des conséquences pratiques en statistique appliquée.

Deuxième question. — Prenons pour $\varphi(z)$ le polynome

$$1 + 2z - z^2 + 3z^3 + 3z^4;$$

ce polynome n'ayant pas tous ses coefficients positifs, $\varphi(z)/\varphi(1)$ n'est pas une fonction génératrice; pourtant

$$\left[\frac{\varphi(z)}{\varphi(1)}\right]^2 = \frac{1}{64}(1 + 4z + 2z^2 + 2z^3 + 19z^4 + 6z^5 + 3z^6 + 18z^7 + 9z^8)$$

en est une ainsi que

$$\left[\frac{\varphi(z)}{\varphi(1)}\right]^3 = \frac{1}{512}(1+6z+9z^2+5z^3+36z^4+60z^5+8z^6 + 81z^7+117z^8+27z^9+54z^{10}+81z^{11}+27z^{12}).$$

Ainsi l'ensemble additif $2p+3q(p, q>0)$ étant l'ensemble des entiers supérieurs à 1, il en résulte que $[\varphi(z)/\varphi(1)]^m$ (m entier supérieur à 1) est une fonction génératrice sans que $\varphi(z)/\varphi(1)$ le soit. Les seules valeurs de α pour lesquelles $[\varphi(z)/\varphi(1)]^\alpha$ soit fonction génératrice sont d'ailleurs les valeurs m. En effet, du fait que pour une valeur de m entier le polynome $\varphi^m(z)$ a tous ses coefficients positifs, il résulte que $\varphi^m(z)=0$ et par conséquent $\varphi(z)=0$ n'a pas de racine réelle positive. Donc $\varphi^\alpha(z)(\alpha\neq m)$ dont les seules singularités à distance finie sont les zéros de $\varphi(z)$ n'a pas de singularité sur l'axe réel positif, et le théorème de Pringsheim montre que tous les coefficients de son développement autour de l'origine ne peuvent être positifs.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Remarques sur la convergence presque sûre.* Note de M. **Michel Loève**, présentée par M. Émile Borel.

Nous allons indiquer des conditions de convergence presque sûre (pr. s.). Soit $\{X_n\}$ une suite de variables aléatoires (v. a.), généralement liées, définies sur un champ de probabilités $(\mathcal{F}, P)$, donné sur un ensemble $\Omega\varepsilon\mathcal{F}$. Posons

$$\Phi_n(A)=\int_A X_n\,dP(A\varepsilon\mathcal{F}),\qquad F_n(x)=P(X_n\leq x),\qquad q_n(t)=P\{|X_n|>t\},$$

$$F'_n(x)=P(X_n\leq x;\ X_1, X_2, \ldots, X_{n-1}),$$

$$\xi_n=\int_{-\varepsilon}^{+\varepsilon} x\,dF'_n(x)\,(\varepsilon>0),\qquad \eta_n=\int_{-\varepsilon a_n}^{+\varepsilon a_n} x\,dF'_n(x)\,(a_n\uparrow\infty),$$

$$P_{-n}(\varepsilon)=\sup_\nu P\{|X_n-X_{n+\nu}|>\varepsilon\}.$$

Convergence des suites. — 1. *Si* $\sum_n\int_0^\varepsilon tq_n(t)\,dt<\infty$ *alors* $\sum_n(X_n-\xi_n)$ *converge pr. s.*

2. *Si* $\{X_n\}$ *converge en probabilité et, à des constantes additives près pour les* X_n,

(H) $P\{X_n-X_k\geq 0;X_1,\ldots,X_k\}\geq p>0$ *et* $P\{X_n-X_k\leq 0;X_1,\ldots X_k\}\geq p>0$,

alors $\{X_n\}$ *converge pr. s.*

Sous (H) *l'on a* $P\{\max_{k\leq n}|X_k|>\varepsilon\}\leq(\mathcal{E}|X_n|^r/p\varepsilon^r)$, $(r>0)$.

Dans le cas particulier de sommes de v. a. indépendantes l'on retrouve un théorème classique de P. Lévy et, pour $r=2$, l'on a une inégalité similaire à celle de Kolmogoroff.

3. Soient $A_{m,\nu}$ des événements, translatés avec m, incompatibles pour ν distincts, définis sur les ensembles $\{X_m, X_{m+1}, \ldots, X_\nu\}$.

Si, lorsque $\lim_m \lim_n \sum_{m\leq\nu\leq n} A_{m,\nu} = A$, *l'on a* $\lim_m \lim_n \sum_{m\leq\nu\leq n} \Phi(A_{m,\nu}) = \Phi(A)$ *bornée, alors,* $\{X_n\}$ *converge pr. s.*

Comme cas particuliers l'on retrouve diverses propriétés des martingales.

Loi forte. — 1. *Si* $\sum_n \int_0^\varepsilon t q_n(a_n t)\,dt < \infty$, *alors* $\frac{1}{a_n}\sum_{k=1}^n (X_k - \eta_k)$ *converge pr. s. vers zéro.*

En particulier, *si* $q_n(t) \leqq q(t)$ *et* $\int_0^\infty t^{r-1} q(t)\,dt < \infty$ *pour un* $r > 0$ *et* < 2, *alors* $n^{-\frac{1}{r}} \sum_{k=1}^n (X_k - \eta_k)$ *converge pr. s. vers zéro.*

Dans le cas des X_k indépendants, ceci contient les résultats de Kolmogoroff et Marcinkiewicz.

2. *Si, pour tout* $\varepsilon > 0$,

$$(1) \qquad \sum_n q_n\left(\varepsilon n^{\frac{1}{r}}\right) < \infty \quad et \quad \sum_n n^{-1+\frac{1}{r}} P_n(\varepsilon) < \infty (r > 1),$$

ou

$$(2) \qquad \sum_n q_n(c) < \infty \quad et \quad \sum_n n^{-1} P_n(\varepsilon) < \infty,$$

alors $\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n X_k$ *converge pr. s.*

3. Soit $\mathcal{E}|X_n| < \infty$, A_m défini sur $\{X_1, X_2, \ldots, X_m\}$ et A_m^k défini comme A_m en remplaçant X_i par X_{i+k-1}.

Si, pour tout $A_m \downarrow \Phi$, $\lim_m \limsup_n \frac{1}{n}\sum_{k=1}^n P(A_m^k) = 0$, $\lim_m \limsup_n \left|\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n \Phi_k(A_m^k)\right| = 0$, $\lim_n \frac{1}{n}\mathcal{E}|X_n| = 0$, *alors* $\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n X_k$ *converge pr. s.*

L'on retrouve, comme cas particuliers, le théorème ergodique de Birkhoff et son extension par Dunford et Miller.

Remarque. — Un mode utile de convergence peut se définir comme suit.

Soit P' la contraction de P sur $\mathcal{F}' \subset \mathcal{F}(\Omega \varepsilon \mathcal{F}')$ et $\mathcal{E}|X_n| < \infty$.

Si pour tout $A' \varepsilon \mathcal{F}'$, *la suite* $\{\Phi_n(A')\}$ *converge vers une limite finie, alors* $\{X_n\}$ *définit sur le champ de probabilités* $(\mathcal{F}', P')$ *à l'équivalence près, une v. a.* X *telle que* $\mathcal{E}(X_n;\ A')$ *convege vers* $\mathcal{E}(X \cdot A')$ *lorsque* $P(A') > 0$; *et réciproquement.* On dira que la convergence est *conditionnelle* en $\mathcal{F}'$. La convergence conditionnelle (en $\mathcal{F}$) est plus faible que la convergence en moyenne, mais elle lui est équivalente si uniforme; elle n'entraîne pas et n'est pas entraînée par la convergence en probabilité.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une théorie pseudo-scalaire des forces nucléaires*. Note de MM. **Claude Marty** et **Jacques Prentki**, transmise par M. Frédéric Joliot.

On sait que l'existence de singularités d'ordre élevé, dans les potentiels d'interaction entre nucléons, rend impossible l'existence d'états stationnaires pour le deutéron. Récemment une théorie complètement relativiste, développée par van Hove (1), a permis de montrer pour un champ mésique pseudoscalaire et se bornant au second ordre dans les constantes de couplage nucléons-mésons, qu'on pouvait obtenir dans certains cas une singularité admissible à l'origine. Une telle théorie malgré ses difficultés (2) semble donc assez prometteuse pour un traitement complet du deutéron, et de fait, elle a été proposée à titre de tentative (3).

Nous allons montrer que les données expérimentales sur les collisions neutron-proton à 90 mV fournissent des critères suffisants pour rejeter une telle théorie, du moins quand on ne tient pas compte des corrections radiatives.

Soient f_N et f_C les constantes de couplage nucléons-champs mésiques neutre et chargé respectivement [l'une quelconque de ces constantes f est reliée aux constantes habituelles f_1 et f_2 par la relation $f = f_1 + 2(M/\varkappa)f_2$, où M et $\varkappa$ sont respectivement les masses du nucléon et du méson; *cf.* (4) et (1)]. La section efficace différentielle dQ de diffusion d'un neutron par un proton dans un angle solide $d\Omega$ à θ, sous l'influence des champs précédents, est, dans le système du centre de gravité (5),

$$\text{(I)}\qquad \frac{dQ}{d\Omega} = \frac{1}{4\pi^2 E^2}\left(A^2 \sin^4\frac{\theta}{2} + B^2 \sin^4\frac{\theta}{2} + AB \sin^2\frac{\theta}{2}\cos^2\frac{\theta}{2}\right) \qquad (\hbar = 1,\ c = 1),$$

où E est l'énergie totale d'un des nucléons incidents par rapport au centre des masses et

$$\text{(II)}\qquad A = -f_N^2\left(4\sin^2\frac{\theta}{2} + \chi_N^2\right)^{-1}, \qquad B = 2f_C^2\left(4\cos^2\frac{\theta}{2} + \chi_C^2\right)^{-1},$$

avec $\chi^2_{N(C)} = (\varkappa^2_{N(C)}/P^2)$, où $\varkappa_{N(C)}$ représente la masse des mésons neutres (chargés) et P le moment des nucléons.

La courbe expérimentale (6) donnant $dQ/d\Omega$ est pratiquement symétrique.

---

(1) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1519.

(2) C. Marty, *Nature* (sous presse).

(3) H. Yukawa, *Rev. Mod. Phys.*, 21, 1949, p. 474.

(4) F. J. Dyson, *Phys. Rev.*, 75, 1948, p. 929; K. J. le Couteur et L. Rosenfeld, *Phil. Mag.*, 40, 1949, p. 151.

(5) M. Jean et J. Prentki, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 171; *Jour. Phys. Rad.* (sous presse).

(6) J. Hadley, E. Kelly, C. Leith, E. Segrè, C. Wiegand et H. York, *Phys. Rev.*, 75, 1949. p. 351.

Plus exactement si l'on pose $[dQ(\pi)/dQ(0)]=\rho^2$, on a $\rho^2 \approx 1,5$ [(*cf.* (7)]. Utilisant (I) et (II), on déduit sans peine

$$\text{(III)} \qquad \frac{dQ(\pi)}{dQ(0)}=\rho^2=\frac{1}{4}\left(\frac{f_N}{f_C}\right)^4\left(\frac{4+\chi_C^2}{4+\chi_N^2}\right)^2$$

ou encore en supposant toutes les grandeurs de (III) réelles,

$$\text{(IV)} \qquad \frac{f_C^2}{f_N^2}=\frac{1}{2\rho}\,\frac{4+\chi_C^2}{4+\chi_N^2}.$$

Le facteur d'asymétrie $\Lambda=[dQ(\pi)/dQ(\pi/2)]$ d'autre part est égal à

$$\text{(V)} \qquad \Lambda^{-1}=\frac{1}{4}\left\{\left(\frac{4+\chi_N^2}{2+\chi_N^2}\right)^2+\frac{1}{\rho^2}\left(\frac{4+\chi_C^2}{2+\chi_C^2}\right)^2-\frac{1}{\rho}\,\frac{(4+\chi_C^2)(4+\chi_N^2)}{(2+\chi_C^2)^2(2+\chi_N^2)}\right\},$$

ce qui donne en posant

$$\xi=\frac{4+\chi_N^2}{2+\chi_N^2}, \qquad \eta=\frac{4+\chi_C^2}{2+\chi_C^2},$$

$$\text{(VI)} \qquad \rho^2\xi^2-\rho\xi\eta+\eta^2-4\rho^2\Lambda^{-1}=0.$$

Si l'on attribue aux mésons chargés la masse $286m_0$ (m_0 masse au repos de l'électron), on a $\eta \approx 2$. Le discriminant de (VI) est alors $\Delta=\rho^2(16\rho^2\Lambda^{-1}-3\eta^2)$. L'incertitude des résultats expérimentaux permet de faire varier Λ entre 3 et 4, tandis que $1<\rho<1,5$. La valeur *maximum* de $\rho^2\Lambda^{-1}$ est voisine de 0,5, ce qui rend le discriminant Δ négatif.

On ne peut donc définir un mélange de deux champs pseudoscalaires l'un neutre, avec un méson de masse arbitraire, l'autre chargé dont la particule associée à une masse $286\,m_0$, qui permettent de retrouver simultanément les valeurs expérimentales de $dQ(0)$, $dQ(\pi/2)$ et $dQ(\pi)$. On arrive à la même conclusion avec un mélange de champs pseudoscalaires symétrique et neutre.

A l'approximation de Born près, négligeant toute correction radiative, on peut donc conclure qu'il est impossible de faire une théorie purement pseudoscalaire des forces nucléaires. Ceci jette un doute sur de nombreux calculs faits actuellement en utilisant de telles hypothèses.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'orientation de l'aimantation spontanée des corps ferromagnétiques.* Note de M. **Pierre Henry**, transmise par M. Alexandre Dauvillier.

L'application aux corps ferromagnétiques des principes concernant les symétries des causes et des effets, énoncés par Pierre Curie, entraîne certaines conséquences qui ne semblent pas avoir été aperçues.

La chaleur ne se propage pas dans un corps aimanté comme dans un corps

(7) K. Brueckner, W. Hartsough, E. Hayward et W. M. Powell, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 555.

non aimanté. C'est l'effet Leduc, connu depuis longtemps. Il semble que les lignes d'écoulement de la chaleur s'enroulent autour de la perpendiculaire au plan d'aimantation. A la matrice diagonale, qui représente la conductibilité thermique, s'ajoutent des termes latéraux antisymétriques. Ces termes additifs forment une matrice de même nature que celle qui représente le champ magnétique. D'après la loi de Leduc, dans le cas d'un corps anisotrope, la matrice additionnelle est proportionnelle à la matrice du champ.

La déformation élastique est toujours représentée par une matrice symétrique de rang 3. D'après la loi De Hooke, la contrainte s'obtient en appliquant à la déformation une transformation homographique représentable par une matrice de rang 6. En l'absence de champ magnétique, ce module matriciel est symétrique et la matrice qui représente la contrainte est elle-même symétrique. En présence d'un champ magnétique, par application du principe de Curie, le module matriciel devient asymétrique de rang 3, ce qui revient à ajouter à la matrice normale une matrice de même nature que celle qui représente le champ magnétique, et que l'on peut, en première approximation, supposer proportionnelle à celle-ci.

Quand le corps aimantable est soumis à la fois à un flux de chaleur, à des efforts mécaniques et à un champ magnétique, le terme additionnel de la contrainte reste proportionnel à la matrice qui représente le champ magnétique, mais le coefficient de proportionnalité est une fonction linéaire du gradient de température, avec terme indépendant non nul.

Autant que je sache, les effets annoncés ci-dessus n'ont pas encore été observés expérimentalement. Leur existence est certaine, mais leur ordre de grandeur inconnu.

Ils fournissent une explication satisfaisante des singularités observées dans la distribution de l'aimantation rémanente dans les dykes, ainsi que du fait qu'il est impossible d'obtenir certains petits objets en fer qui ne présentent pas un peu d'aimantation rémanente distribuée en raison de leur forme.

Dans les deux cas, les corps considérés ont traversé le point de Curie au refroidissement dans un état de contrainte mécanique élevée et sous l'influence du champ magnétique terrestre. Les contraintes ont déterminé la direction de l'aimantation spontanée dans chaque domaine élémentaire, parce que leur influence était très grande par rapport à celle du champ terrestre, mais ce champ a suffi pour introduire un terme additionnel dans l'expression de la contrainte et pour lever l'indétermination du sens de l'aimantation spontanée dans un nombre de domaines assez grand pour qu'un effet se manifeste.

L'application des mêmes principes à la fabrication des aimants permanents en alnico pourrait, peut-être, leur faire faire des progrès, ainsi que je l'ai signalé il y a quelque temps à un fabricant de ces aimants.

TECHNIQUE DU VIDE. — *Sur un phénomène de formation de couches adsorbées.* Note de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le micromanomètre thermique que j'ai décrit récemment (1) et qui permet de suivre facilement d'une manière continue des variations de pression comprises entre 0,025 μHg et quelques millimètres de mercure, m'a donné l'occasion d'observer un phénomène assez singulier, qui n'a pas été signalé, à ma connaissance par les techniciens du vide. Voici les faits observés.

La canalisation à vide, entièrement en verre, comprend un robinet la séparant de la pompe à diffusion à vapeur de mercure, une jauge de Mac Leod, un piège à P_2O_5, trois de mes lampes à filament rectiligne (filament de $0^{mm},2$, longueur 24^{mm}) et l'ampoule de mesure du micromanomètre thermique. Les lampes sont soudées sur la canalisation par des queusots d'une dizaine de centimètres de longueur.

On les étuve pendant 1 heure à 460°, en pompant constamment. Aussitôt refroidies, on ferme le robinet et l'on allume les lampes sous 5 A. Lors du premier allumage, le micromanomètre accuse le dégagement instantané des gaz occlus dans les filaments. Après le dégagement limité (1,5 à 3 fois le volume des filaments) la pression reste pratiquement constante pendant près de 20 minutes; puis elle commence à augmenter lentement, mais de plus en plus vite. Elle atteint environ 2,5 μHg en 1 heure (volume de la canalisation : 1850^{cm^3}).

On éteint alors les lampes, puis on pompe constamment ($p < 0{,}01$ μHg pour les gaz autres que la vapeur de mercure). Au bout d'intervalles de temps croissants (atteignant au total plusieurs heures), on ferme le robinet, on allume les lampes, puis on suit pendant dix minutes la variation de la pression. On constate que *plus l'intervalle de temps écoulé depuis l'étuvage est grand, plus l'augmentation de pression aussitôt après l'allumage est rapide*. Son caractère n'est d'ailleurs plus du tout le même que celui du premier allumage. Si l'on a laissé les lampes (*éteintes*) sur le vide pendant 24 heures depuis l'étuvage et le premier allumage, la pression peut atteindre, durant les 10 premières minutes d'allumage, près de 30 μHg (soit environ deux fois plus que pendant l'étuvage).

Ce phénomène ne peut évidemment provenir que de la formation progressive, *malgré le pompage*, d'une couche adsorbée sur les parois internes des lampes.

J'ai essayé, dans de nombreuses expériences, de suivre la marche de cette formation. Mais il est difficile d'en trouver la loi exacte, parce qu'en allumant les filaments pour détecter la couche on la détruit au moins partiellement. Chaque série de mesures dépend donc de toutes les séries antérieures, comme de leur espacement. En outre l'aptitude à la formation des couches adsorbées s'altère quand les périodes d'allumage se multiplient, sans doute par la formation de dépôts de tungstène, même invisibles.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1147 et **228**, 1949, p. 372; Revue *Le Vide*, **4**, 1949, p. 571-584, 603-618, 643-660.

La question la plus intéressante que soulève la formation de ces couches est d'ailleurs celle de leur origine. Puisqu'elles se forment malgré un pompage continu, il semble peu probable qu'elles soient dues à l'adsorption, par les parois dégazées des lampes, de gaz désorbés à partir des parois de la canalisation. Il semble donc qu'il faille admettre, ou bien que ces couches facilement désorbables proviendraient des couches profondes des parois des lampes, ou bien qu'*elles proviendraient des couches adsorbées sur les parois de la canalisation, non par évaporation de celles-ci, mais par suite de leur migration, par diffusion, le long des parois des queusots.*

Pour essayer de contrôler ces hypothèses, j'ai entouré chacun des queusots, sur une longueur d'environ 3^{cm}, commençant à 3^{cm} environ des ampoules, d'un petit dispositif de chauffage permettant de porter ces éléments de queusots à 400° environ, sans élever la température des lampes, et j'ai répété les expériences décrites plus haut en maintenant constammment le chauffage de ces éléments. J'ai constaté sur une période de 22 heures que cet artifice gênait beaucoup la formation de la couche adsorbée. Or il semble bien qu'il ne pourrait avoir cet effet si les molécules formant la couche adsorbée provenaient des profondeurs des parois des ampoules, ou des couches adsorbées de la canalisation par passage des molécules de ces couches à l'état gazeux puis leur réadsorption sur les parois des lampes. On conçoit au contraire que l'existence des éléments chauffés puisse constituer un barrage au glissement ou à la migration vers les lampes des couches adsorbées sur les parois de la canalisation.

Mon hypothèse est d'ailleurs en harmonie avec ce qui est généralement admis sur la mobilité relative des molécules adsorbées sur une paroi solide, notamment à la suites des expériences de Volmer et Estermann sur la croissance des cristaux dans la vapeur raréfiée de la même substance.

On a signalé plus haut que l'action des filaments allumés sur les couches adsorbées peut être plus énergique qu'un étuvage de même durée à 460°, bien que, pendant l'allumage, la température des parois ne s'élève guère au-dessus de 60°. Elle est probablement due aux thermo-électrons émis dans le champ régnant entre les deux extrémités des filaments.

Au point de vue pratique, ces expériences montrent, indépendamment de toute hypothèse, qu'après étuvage et dégazage des pièces métalliques d'une ampoule, il convient de procéder au scellement dans un délai relativement court, ne dépassant pas une dizaine de minutes, à moins d'employer un *getter*.

THERMOCINÉTIQUE. — *L'anémométrie des courants turbulents par le fil chaud.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Alors que l'étude *mathématique* des courants turbulents, principalement dans l'air, se fait au moyen de concepts *rigoureux* introduits par le calcul

(*) Séance du 5 décembre 1949.

tensoriel et la statistique, l'étude *expérimentale* repose sur des procédures dont l'interprétation laisse immensément à désirer. L'appareil d'étude fondamental est le *fil chaud* : sous l'effet d'une convection de chaleur, variable avec le courant d'air, la température du fil chauffé électriquement éprouve des variations que l'on perçoit par la variation de sa résistance électrique. Le problème théorique à résoudre au préalable serait de chercher la relation entre le phénomène de *convection* et la *vitesse* quelconque du fluide. Pratiquement on admet, pour les courants *quelconques*, une loi simple en racine carrée de la vitesse, valable dans le cas d'un courant fluide *normal* au fil, et *constant* dans le temps et dans l'espace. La seule correction que l'on ait faite — elle est essentielle, et l'on y a déployé beaucoup d'habileté et d'ingéniosité — est relative à l'*inertie* thermique, et surtout électrique du fil.

Si quelques auteurs se sont préoccupés d'expérimenter un fil chaud dans des courants d'air non exactement uniformes, et de tenir compte d'une influence perturbatrice du voisinage des parois, le problème thermocinétique essentiel n'en est pas moins absolument *escamoté* : car le coefficient de convection, bien loin d'être donné par une loi *a priori*, dépend au premier chef de la *distribution* des vitesses, en grandeur et en direction, dans le temps et dans l'espace, de sorte qu'on tourne dans un cercle vicieux.

Nous avons depuis bien longtemps soulevé cette objection, dont la méconnaissance systématique par les aérodynamiciens montre une fois de plus combien échappent au monde scientifique dans son ensemble la complexité et la gravité des phénomènes thermocinétiques.

On dit quelquefois que, les termes turbulents étant normalement petits devant la vitesse d'ensemble du fluide, on ne doit pas commettre grande erreur en appliquant la loi simple de convection convenant au mouvement uniforme. Mais il y a là une grave *faute* de raisonnement, car ce à quoi l'on s'intéresse ce n'est pas l'écoulement moyen, mais les petits termes turbulents; pour atteindre la perturbation qu'ils entraînent, il faut dériver, non pas la loi du mouvement uniforme *qui n'est pas générale*, mais la loi, inconnue, du mouvement turbulent; l'*écart* entre la loi réelle et la loi pratiquement admise n'est donc pas un terme correctif, c'est le terme *principal*.

Il n'est donc que trop vrai que le mode actuel de dépouillement des anémogrammes conduit à un champ de vitesses de pure fantaisie.

Si l'on veut répondre à la rigueur de la description mathématique de ces champs par une *égale* rigueur de l'interprétation expérimentale, il faut appliquer aux équations connues, de la *convection* forcée, *les mêmes* opérateurs mathématiques qui, appliqués aux équations de *Navier* (*a priori* de même légitimité, dans le domaine turbulent, que les équations de la convection), ont permis d'écrire les équations différentielles des vitesses turbulentes : c'est une complication sévère, mais les tenseurs statistiques que l'on aura ainsi introduits sont la condition préalable *indispensable* d'une interprétation cinématiquement correcte des champs de vitesses turbulents.

MAGNÉTISME. — *Courbes et énergies d'aimantation, champ coercitif, magnétostriction d'un ferrite de cobalt.* Note de MM. **Charles Guillaud, Roger Vautier** et **Serge Medvedieff**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que les ferrites de cobalt présentent de remarquables propriétés d'aimant. Nous nous sommes proposé l'étude de ces propriétés sur un ferrite dont la composition initiale, avant chauffage, était : 44 % Fe_3O_4, 30 % Fe_2O_3, 36 % Co_2O_3, dénommé dans la littérature technique *Vectolite*.

A cet effet, nous avons préparé de petits disques plats pouvant être, le cas échéant, taillés en ellipsoïdes. Notre étude a porté sur trois échantillons : l'échantillon 1 est trempé mais non orienté; l'échantillon 2 n'est ni trempé ni orienté; l'échantillon 3 est trempé et orienté (il s'agit de l'orientation classique par refroidissement dans un champ magnétique).

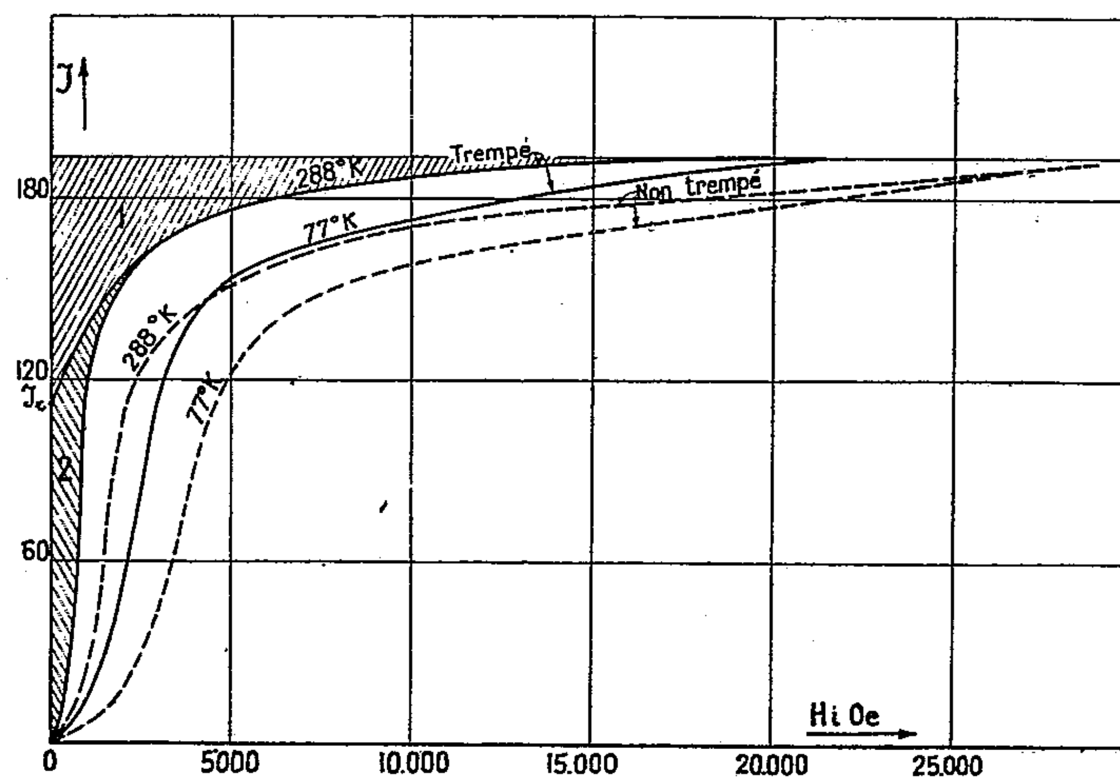


Fig. 1.

La figure 1 reproduit les courbes d'aimantation $\mathcal{J} = f(H_i)$ pour les échantillons non orientés, aux températures de 288° K et 77° K. La figure 2 donne les courbes d'aimantation de l'échantillon orienté suivant les axes de facile et difficile aimantation et aux températures de 288° K et de 77° K. Les figures précisent également ce que nous désignons par énergies (1 et 2) et dont les valeurs sont portées dans le tableau ci-contre.

L'étude aux rayons X de l'échantillon orienté a montré qu'il s'agit non pas d'une orientation des axes cristallins de facile aimantation, mais d'une orientation des domaines élémentaires dont le mécanisme sera donné ultérieurement.

	T°K.	H_c Oe.	J_r.	Magnétostriction λ.	1 10^5.erg/cm³.	2 10^5.erg/cm³.	*b*.
V. trempé	288	1000	95	-110.10^{-6}	2,64	0,96	$0,2.10^6$
V. trempé	77	3400	153	−125	2,88	5,28	3,18
V. non trempé	288	1470	86	− 70	6,81	1,68	1,03
V. non trempé	77	4000	129	− 50	7,14	5,70	6,01
V. orienté, Axe facile, Aimantation	288	1200	147	− 70	2,46	1,23	–
V. orienté, Axe difficile, Aimantation	288	1100	52	−200	5,02	1,35	–
V. orienté, Axe facile, Aimantation	77	6300	154	− 47	3,24	10,59	–
V. orienté, Axe difficile, Aimantation	77	5600	121	− 60	6,02	9,60	–

Figurent aussi dans ce Tableau les valeurs du champ coercitif H_c et de b de la loi d'approche en b/H^2 quand cette dernière a été trouvée.

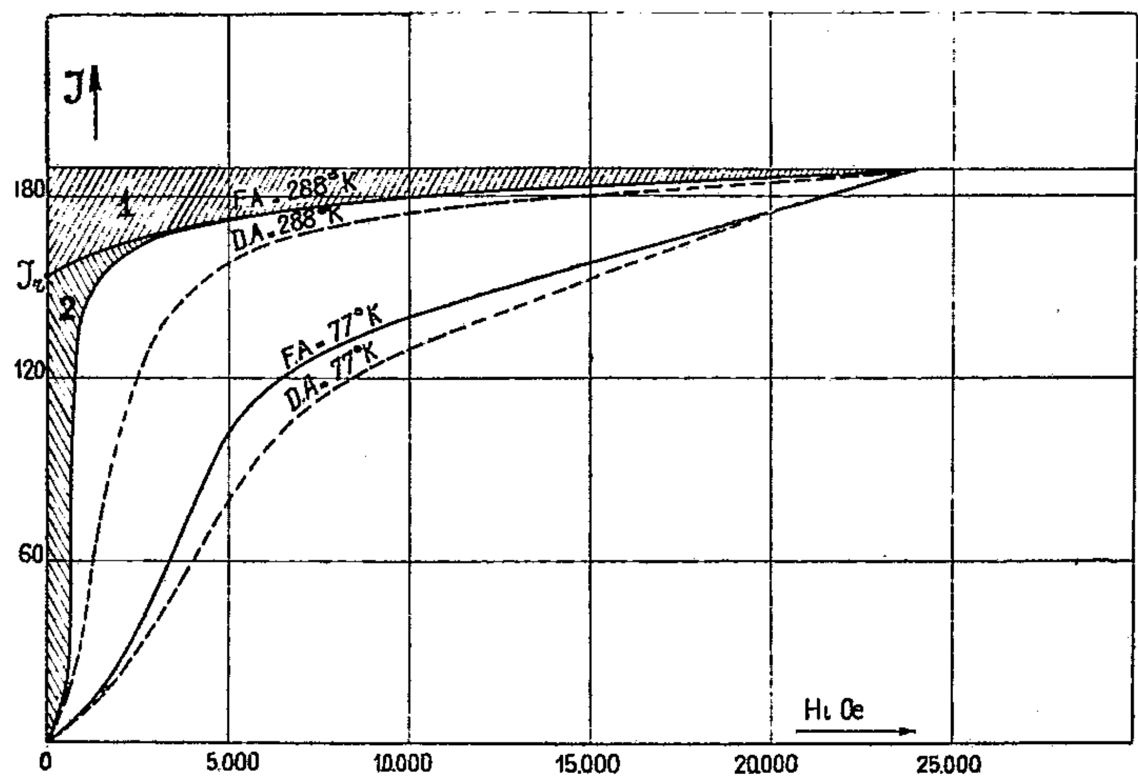


Fig. 2.

A ces résultats nous ajouterons :

1° l'énergie déduite de la surface comprise entre les courbes d'aimantation suivant les axes de facile et difficile aimantation :

$$\text{à } T = 288^\circ K, \quad F = 2{,}67.10^5 \text{ erg/cm}^3,$$
$$\text{à } T = 77^\circ K, \quad F = 1{,}74.10^5 \text{ erg/cm}^3;$$

2° les différences d'énergie relatives aux mêmes axes, entre les températures de 288° K et de 77° K :

a. Échantillon orienté........	axes faciles.....	F = 10,14.10[5] erg/cm³,
	axes difficiles...	F = 9,21.10[5] erg/cm³,
b. Échantillons non orientés...	trempé.........	F = 4,56.10[5] erg/cm³,
	non trempé.....	F = 4,32.10[5] erg/cm³.

Ce phénomène est général pour les ferrites de cobalt, nous avons en particulier obtenu pour un ferrite de composition différente du *vectolite* un champ coercitif de 2500 Oe à 288° K et de 10000 Oe à 77° K.

ÉLECTRONIQUE. — *Courant inverse des diodes au germanium.* Note (*) de M. **Pierre Aigrain**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Les théories du redressement généralement admises (1) conduisent à des valeurs du courant inverse beaucoup plus faibles que celles obtenues en réalité.

Divers auteurs (2) ont tenté d'expliquer cette différence en admettant l'existence d'états de surface qui joueraient le rôle de pièges à électrons. Il en résulterait que la conductibilité de la couche superficielle serait principalement du type *p*. Cette hypothèse permet d'élucider certains points, mais il subsiste une différence considérable entre les courants calculés et observés.

Je fais l'hypothèse que la région superficielle des cristaux de germanium utilisés dans ces diodes se comporte comme semi-conducteur par défaut du fait de la présence dans le voisinage de la surface d'atomes d'impuretés acceptrices, probablement d'oxygène, en excès du nombre des impuretés donatrices réparties uniformément dans le cristal. La conductibilité passe alors très graduellement du type *p* au type *n*, lorsqu'on se déplace de la surface du cristal vers l'intérieur.

La barrière de potentiel responsable du redressement se forme au contact Ge*n* — Ge*p*. On sait qu'il ne se forme pas de barrière notable au contact métal Ge*p*.

Pour des voltages modérés appliqués à la barrière, le courant inverse peut se calculer par une méthode analogue à celle utilisée par Davidov (3), mais il faut en plus tenir compte de la conductibilité intrinsèque élevée du germanium. Il y a des électrons libres dans la région *p* et des trous positifs dans la région *n*, et ces porteurs peuvent se diriger vers la barrière par diffusion thermique et surtout sous l'influence du champ appliqué et la traverser sans difficulté. J'ai calculé que le courant inverse atteignait pour des voltages appliqués de

(*) Séance du 14 décembre 1949.

(1) Mott et Gurney, *Electronic Processes in Ionic Crystals*, Oxford, 1940.

(2) Brattain, Bardeen et Shockley, *Phys. Rev.*, n° 95, 1949, p. 1208.

(3) *Tech. Phys. U. R. S. S.*, n° 5, 1938, p. 87.

quelques dixièmes de volt une valeur limite $C_0 = 0,8$ A/cm² à 300° K. C_0 varie comme la conductibilité intrinsèque du germanium, c'est-à-dire comme $\exp(-0,76 e/2kT)$.

2. Le voltage appliqué à la barrière ne tombe pas à zéro sur les bords du contact de rayon r_0 à cause de la conductibilité finie ρ de la couche et des effets de charge d'espace. Négligeons ces derniers pour simplifier, et soit d l'épaisseur de la couche. Le voltage en tout point de la couche est donné par l'équation

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial r} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0, \tag{1}$$

où r, distance latérale à partir du centre du contact; z, distance de la surface.

Les conditions aux limites sont

$$\frac{\partial V}{\partial z} = 0 \quad \text{à } z = 0; \qquad \frac{\partial V}{\partial z} = \rho C_0 \quad \text{à } z = d;$$

$$V(z = 0;\ r < r_0) = V_0 \qquad \text{(voltage appliqué)};$$

$$V(z = d,\ r = r_1) = \frac{\partial V}{\partial r}(z = d,\ r = r_1) = 0 \qquad \text{pour un certain } r_1.$$

Le voltage aux bornes de la barrière, $V(d, r)$ est alors donné par une équation

$$\frac{d^2 V}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{dV}{dr} - \rho C_0 d = 0, \tag{2}$$

avec comme conditions aux limites

$$V(r_1) = \frac{dV}{dr}(r = r_1) = 0; \qquad V(r < r_0) = \frac{1}{2}\rho C_0 d.$$

Le terme $1/2\, \rho C_0 d$ est en général négligeable. On remarque alors que l'équation (2) est celle que l'on aurait obtenue en négligeant l'épaisseur finie de la couche superficielle, car $\rho/d = R$, résistance superficielle de la couche et ce, même si d est bien supérieur à r_0.

3. La solution de l'équation (2) donne alors le courant total i, égal à $\pi r_1^2 C$. J'ai trouvé que le courant i est donné par les équations suivantes :

$$\frac{2\pi V_0}{R i_1} = 1 - x + x \log x, \tag{3}$$

où

$$i_1 = \pi r_0^2 C, \qquad x = \frac{i_1}{i},$$

équations qui sont bien vérifiées expérimentalement à condition de choisir une valeur convenable pour R.

ÉLECTRONIQUE. — *Comparaison entre la température électronique et la température thermodynamique des cathodes à oxydes.* Note de M. **Robert Champeix**, présentée par M. Camille Gutton.

1. Dans une Note précédente ([1]) nous avons décrit une méthode permettant de mesurer, avec une précision de l'ordre de 1 à 2 %, le terme T qui figure dans l'équation dite *des courants résiduels*, donnant le courant électronique I qui s'établit entre une cathode chaude et une électrode portée, par rapport à la cathode, à un potentiel négatif — V :

$$I = I_s e^{-\frac{Vq}{kT}},$$

équation dans laquelle I_s est le courant de saturation, q la charge de l'électron et k la constante de Boltzmann. Nous appellerons T, la *température électronique* de la cathode, pour la distinguer de la température thermodynamique que l'on mesure par les procédés classiques : pyromètre optique, thermocouple, etc.

2. Nous avons comparé, dans le cas de cathodes à oxydes de baryum et de strontium, la température électronique mesurée par le procédé ci-dessus et la température thermodynamique. Celle-ci était donnée par un thermocouple en platine et platine-rhodié, soudé sur le métal de la cathode. La couche émissive d'oxydes avait une épaisseur de 50 à 60$^{\mu}$. L'électrode collectrice, constituée soit par une plaque pleine en nickel, soit par une grille de molybdène, était placée à $0^{mm},4$ de la cathode. Au cours de ces mesures, nous avons fait varier la température thermodynamique de nos cathodes de 850 à 1200° K. Nous avons étudié soit des cathodes non activées, soit des cathodes activées (l'activation étant entendue au sens thermionique du mot; elle se traduit par une augmentation du courant de saturation de la cathode).

3. Nos essais ont porté sur une dizaine de tubes expérimentaux.

Le tableau ci-après donne un exemple-type des résultats trouvés :

Nous avons pu faire les constatations suivantes :

1° La température électronique d'une cathode à oxydes est toujours plus élevée que sa température thermodynamique. L'écart peut varier entre 2 % et plus de 40 % suivant les circonstances indiqués ci-après.

2° L'écart entre les deux températures diminue quand la température augmente.

3° Pour une cathode donnée et à température thermodynamique constante, l'écart est plus élevé après l'activation qu'avant l'activation.

4° La forme géométrique de l'électrode collectrice exerce sur cet écart une influence non négligeable. C'est ainsi que pour une électrode pleine, l'écart est

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 545-547.

Tube C3.	Température thermodynamique Θ en degrés K.	Température électronique T en degrés K.	Écart $\frac{T-\Theta}{\Theta}$ en %.
Avant activation	852	1000	17,4
	910	1059	16,4
	961	1095	13,9
	1002	1138	13,5
	1042	1180	13,2
	1084	1210	11,6
	1119	1247	11,4
	1149	1274	10,9
Après activation	863	1115	29,2
	927	1160	25,1
	980	1217	24,3
	1017	1253	23,3
	1060	1289	21,6
	1092	1307	19,7
	1125	1335	18,6
	1159	1356	17

plus faible (de l'ordre de la moitié) que pour une électrode en forme de grille.

5° Les courbes qui donnent la température électronique T en fonction de la température thermodynamique Θ, sont très sensiblement, dans la gamme de températures comprises entre 850 et 1200° K, des droites d'équation

$$T = a\Theta + b,$$

dans laquelle a est inférieur à l'unité.

Dans une Note ultérieure, nous essayerons de donner une interprétation théorique de ces phénomènes.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Théorie du spectrographe Bêta, type K. Siegbahn.* Note (*) de Mlle **Geneviève Paquien** et M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Siegbahn (1) a proposé d'améliorer les spectrographes bêta à isolement focal, en choisissant un champ non uniforme tel que l'intensité présente des valeurs élevées aux deux extrémités du spectrographe où l'on place la source et le récepteur et un minimum accentué dans la partie médiane :

Nous avons calculé les propriétés de l'appareil en représentant la valeur $H(z)$ du champ sur l'axe par deux courbes en cloche de Glaser $B(z) = B_c[1/(1+z^2/a^2)]$, la première centrée sur la source, la deuxième symétrique de la première par

(*) Séance du 7 novembre 1949.

(1) *Philosophical Magazine*, 37, 1946, p. 162-183.

rapport au plan médian du spectrographe et centrée sur le récepteur. Les formules de Glaser [2] permettent de calculer facilement les trajectoires, les aberrations du troisième ordre et l'aberration chromatique de ce modèle; nous en avons déduit quelques propriétés de l'appareil, comme nous l'indiquons ci-après.

1. *Longueur de l'appareil.* — Pour comparer simplement l'encombrement et les champs du spectrographe Siegbahn à ceux du modèle classique, nous établissons d'abord la position de l'image de Gauss de la source, dont l'anneau de focalisation réellement utilisé n'est éloigné que de quelques centimètres, tandis que la longueur de l'ensemble atteint un mètre.

Le paramètre a/L (a = demi-largeur de la cloche représentant le champ à mi-hauteur, L = longueur de l'appareil) dicte l'importance du creusement de la courbe $B(z)$, caractéristique de la version Siegbahn; mais la gamme des valeurs à envisager est très étroite. On peut laisser de côté d'abord toutes les valeurs supérieures à $1/4$, car pour elles, la courbe se creuse à peine; mais on peut aussi laisser de côté les valeurs inférieures. Considérons en effet $1/6$ par exemple : les trajectoires pour $a/L = 1/6$ sont les mêmes que dans un spectrographe où $a'/L' = 1/4$, mais qu'on aurait réduit, par similitude à l'échelle $L'/L = 2/3$, car on peut négliger la partie médiane des trajectoires, qui, rectiligne et parallèle à l'axe, ne joue aucun rôle intéressant dans la focalisation. Donc, si l'on veut réduire l'encombrement au maximum, on prendra environ $a/L = 1/4$ et tous les spectrographes de Siegbahn sont géométriquement semblables et géométriquement définis par le choix de leur longueur L.

Dans les formules qui suivent, nous avons simplifié au maximum les calculs en adoptant pour le paramètre ω caractéristique des trajectoires (*cf.* réf. 2), la valeur $\omega = 2$; le tableau suivant donne les valeurs exactes de ω, pour différentes valeurs de a/L et montre la précision ainsi atteinte :

a/L..............	1/10	1/6	1/4	1/3	1/2
ω................	2	2,05	2,1	2,17	2,48

2. *Les champs.* — Un champ de forme approprié peut être obtenu facilement au moyen de deux bobines courtes, centrées respectivement sur la source et sur le diaphragme récepteur; les bobines peuvent être entourées d'un blindage magnétique en fer, muni d'une fente annulaire si l'on recherche l'économie dans la production du champ : la cloche est assez largement étalée pour qu'on ait à employer une fente large et la saturation n'est pas à craindre.

Le champ au centre de chaque bobine doit atteindre la valeur donnée par $B = 136\,\Phi/a^2 = 2\,180\,\Phi/L^2$, avec $L = 4a$, en centimètres, Φ en volts, B en gauss, ce qui donne 390 gauss pour $L = 120^{cm}$ et $\Phi = 1$ MV.

(2) *Zeitschrift für Physik*, 117, 1941, p. 285-315.

En caractérisant par la longueur D définie par $D^2 = 8\,m\Phi/eB^2$ le champ nécessaire pour focaliser des rayons d'énergie Φ électron-volt, la longueur du spectrographe de Siegbahn est donnée par $L = 4\sqrt{3}\,D$, tandis que celle du modèle classique est $L_0 = \pi D$, ce qui entraîne que, pour une longueur égale, les bobines courtes doivent donner un champ 2,2 fois plus fort que le champ uniforme. C'est une condition économique, même dans la région des mégavolts, si l'on remarque que le rayon moyen des bobines courtes à employer est de l'ordre de 0,8 a, c'est-à-dire inférieur à $L/4$.

Aux grandes énergies, les formules précédentes doivent être corrigées pour tenir compte de la relativité, ce qui conduit en première approximation à remplacer Φ par $\Phi(1 + 0{,}98 . 10^{-6})$.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Application du principe de Huyghens au dioptre : expression des ondes réfléchie et réfractée.* Note de M. **Jean Brodin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Solution classique. — Un émetteur A de pulsation ω produit dans le milieu de susceptibilité diélectrique p_0 occupant tout l'espace, l'onde w (champ électrique e, champ magnétique h).

Remplissons un domaine $\mathcal{D}$ de surface S (A est extérieur à $\mathcal{D}$) d'un milieu de *susceptibilité diélectrique* $p_0 + p$ (une conductivité σ sera considérée comme susceptibilité $\sigma/i\omega$; nous supposons nulles les susceptibilités magnétiques des deux milieux). L'onde devient W(E, H).

Elle peut être considérée comme la somme, dans le milieu p_0, des ondes w produite par A et w', produite par des dipôles électriques $p\vec{E}\,dv$ *induits* dans chaque volume dv de $\mathcal{D}$, proportionnels au champ résultant E; h' est l'intégrale des champs magnétiques de ces dipôles, et, tenant compte du courant induit $i\omega p$E

$$\frac{i\omega}{c}(1 + 4\pi p_0)\vec{e'} = \operatorname{rot}\vec{h'} - 4\pi\frac{i\omega}{c}p\vec{E},$$

W est donnée par une équation intégrale étendue au volume de $\mathcal{D}$.

Application du principe de Huyghens. — Il peut être utile de calculer w' et W comme produites par des couches fictives de dipôles électriques $\vec{\rho}(P)\,dS$ et magnétiques $\vec{\mu}(P)\,dS$ (dS élément de S et P point de dS). On peut assujettir (¹) ces couches, agissant ensemble, à produire lorsque tout l'espace, $\mathcal{D}$ compris, a la susceptibilité p_0 :

à l'extérieur de $\mathcal{D}$, l'onde réfléchie w';

à l'intérieur de $\mathcal{D}$, l'onde $-w$ neutralisant l'onde incidente.

(¹) Schelkunoff, *Bell System Technical Journal*, 15, 1936, p. 92; Baker et Copson, *The mathematical theory of Huygens' Principle*, Oxford, 1939.

Faisons émettre à la fois A, ρ et μ : nous obtenons :

à l'extérieur de $\mathcal{D}$, l'onde diffractée W ;

à l'intérieur, une onde nulle, qui restera nulle lorsque nous remplissons $\mathcal{D}$ du milieu p_0+p : supposons désormais $\mathcal{D}$ rempli de ce milieu.

Supprimons A, ce qui revient :

à créer dans $\mathcal{D}$ l'onde — W ;

à neutraliser à l'extérieur l'onde W. L'onde extérieure restera nulle même si nous remplissons l'extérieur aussi du milieu p_0+p.

Donc la couche $\vec{\rho}$, $\vec{\mu}$ sera déterminée par deux conditions :

(1) Si le milieu p_0 occupe tout l'espace, elle produit dans $\mathcal{D}$ l'onde — w opposée à l'onde incidente ;

(2) Si le milieu p_0+p occupe tout l'espace, elle produit à l'extérieur de $\mathcal{D}$ une onde nulle.

Solution. — Soit $\vec{\rho}(\mathrm{P})\,d\mathrm{S}$ une couche arbitraire de dipôles électriques *tangents* à S. Si tout l'espace a la susceptibilité p_0+p à transparence imparfaite ([2]) il existe une couche de dipôles magnétiques $\mu(\mathrm{P})\,d\mathrm{S}$ *tangents* à S annulant l'onde de ρ à l'extérieur de $\mathcal{D}$. On passe de $\vec{\rho}$ à $\vec{\mu}$ par un opérateur linéaire : adoptons la notation

$$\vec{\mu}=\mathcal{F}\vec{\rho} \quad \text{équivalente à (2).} \tag{3}$$

Si tout l'espace a la susceptibilité p_0, la couche μ produit un champ magnétique h'' ; on passe de μ à h'' par un opérateur linéaire $\vec{h}''=\mathcal{M}\vec{\mu}$. La couche ρ produira à l'intérieur de $\mathcal{D}$ le champ $-h-h''$ et la condition (1) sera satisfaite si (n normale intérieure à $\mathcal{D}$),

$$\frac{c}{i\omega}\vec{n}\wedge\left(-\vec{h}-\mathcal{M}\vec{\mu}\right)=2\pi\vec{\rho}+\mathcal{K}\vec{\rho}, \tag{4}$$

$$2\pi\vec{\rho}+\left[\mathcal{K}+\frac{c}{i\omega}\vec{n}\wedge\mathcal{M}\mathcal{F}\right]\vec{\rho}=-\frac{c}{i\omega}\vec{n}\wedge\vec{h}, \tag{5}$$

$\mathcal{K}$ étant [([2]), équat. (4)] l'opérateur tel que

$$\mathcal{K}\vec{\rho}=\iint_{\mathrm{S}} d\mathrm{S}\,\frac{\partial\psi}{\partial r}\vec{n}\wedge\left[\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,r\wedge\vec{\rho}(\mathrm{P})\right].$$

Conclusion. — Le système d'émetteurs constitué par A, la couche $\vec{\rho}$ de dipôles électriques tangents à S donnée par l'équation de Fredholm (5) et la couche $\vec{\mu}$ de dipôles magnétiques tangents à S donnée par (3), produit à l'intérieur de $\mathcal{D}$ l'onde diffractée $\mathrm{W}=w+w'$, à l'extérieur de $\mathcal{D}$ une onde nulle.

([2]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1064.

Le système des couches $-\vec{\rho}$ et $-\vec{\mu}$ produit à l'intérieur de $\mathcal{D}$ l'onde réfractée W, à l'extérieur une onde nulle.

Cas limites. — Lorsque $|p| \to \infty$ (milieu très conducteur ou diélectrique peu conducteur mais de forte susceptibilité), l'opérateur $\mathcal{F}$ tend vers zéro. *Dans ce cas, la solution au problème de la réflexion est donnée par une simple couche fictive de dipôles électriques;* s'il s'agit en fait d'un milieu très conducteur, cette simple couche coïncide pratiquement avec les dipôles *réellement induits* dans une très petite épaisseur du réflecteur.

Lorsque $p = 0$, la solution classique ([3]) est obtenue : elle donne une onde réfléchie w' nulle.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Calcul du décrément d'absorption relatif à une couche ionosphérique parabolique dans le cas d'une incidence oblique.* Note de MM. **Émile Argence** et **Karl Rawer**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Le problème du calcul du décrément d'absorption δ_2, dans le cas d'une incidence oblique, est traité ici dans le cadre de l'optique géométrique de l'ionosphère.

Soit α l'angle déterminé par la tangente au rayon électromagnétique en un point de la couche et la droite joignant ce point au centre de la Terre.

Nous avons pour expression du décrément

$$(1) \qquad \delta_2 = \int_{s_0}^{s_1} \mathrm{K}\, ds = \int_{\xi_0}^{\xi_1} \frac{\nu}{2c} \frac{1-\mu^2}{\mu} \frac{d\xi}{\cos\alpha},$$

(μ désigne l'indice de réfraction et ξ l'altitude d'un point quelconque de la couche, compté à partir de l'altitude du maximum d'ionisation).

2. Nous admettons une variation exponentielle du nombre de chocs avec altitude suivant la loi

$$\nu = \nu_g e^{-\frac{\xi}{\mathrm{H}}}.$$

Nous avons les relations

$$(2) \qquad \mu(\xi)\, r \sin\alpha = \mathrm{R}_0 \sin\alpha_0,$$

$$(3) \qquad r = \mathrm{R}_0 + \xi,$$

$$(4) \qquad \mu(\xi) = 1 - \left(\frac{f_0}{f}\right)^2 \left[1 - \left(\frac{\xi}{\xi_m}\right)^2\right]$$

(R_0 désignant la distance du centre de la Terre à la base de la couche considérée, f_0 la fréquence critique et f la fréquence de travail, α_0 l'angle d'incidence à la base de la couche).

Les relations (1), (2), (3) et (4) nous conduisent à l'expression suivante du

([3]) F. Croze et G. Darmois, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 824.

décrément

$$\delta_2 = \frac{\nu_g}{2c}\eta^2\xi_m \int_{y_0}^{y_1} \frac{e^{-\frac{\xi_m}{H}y}(1-y^2)\,dy}{\sqrt{\eta^2 y^2 + 2\varepsilon \sin^2\alpha_0\, y + \cos^2\alpha_0 - \eta^2}},$$

ε est une quantité petite égale à ξ_m/R, de l'ordre de 4.10^{-3} pour la couche E et dont le carré peut-être négligé, $y = \xi/\xi_m$ (hauteur réduite), $\eta = f_0/f$.

Nous voyons que nous devons avoir si nous négligeons ε^2 :

a. dans le cas où il y a réflexion $\eta > \cos\alpha$;

b. dans le cas où la couche est traversée $\eta < \cos\alpha$.

Le cas d'indétermination correspondant à $\eta = \cos\alpha$ ne peut être levé dans le cadre de l'optique géométrique.

Nous obtenons ainsi pour expression du décrément dans le cas de la réflexion

$$\delta_2 = \frac{\nu_g}{2c}\eta e^{\frac{\xi_m}{H}\rho}\xi_m\left[\Phi_0(\eta)\left(1 - \frac{\beta^2 - 2\beta\rho\omega}{2}\right) + \Phi_1(\eta)\left(\frac{2\beta\rho\omega - \beta^2}{2}\right) - 2\left|\beta\rho e^{\omega\,\mathrm{ch}\theta}\,\mathrm{sh}\,\theta\right|_0^{\theta_1}\right]$$

θ_1 désigne la limite $\arg\mathrm{ch}(\varepsilon\sin^2\alpha_0 + \eta^2)/(\eta\sqrt{\eta^2 - \cos^2\alpha_0})$ et l'on a posé

$$\omega = \frac{\xi_m}{H}, \qquad \beta = \frac{\sqrt{\eta^2 - \cos^2\alpha_0}}{\eta}, \qquad \rho = \frac{\varepsilon\sin^2\alpha_0}{\eta^2},$$

$\Phi_0(\eta)$ et $\Phi_1(\eta)$ désignant les fonctions introduites précédemment (¹) et calculées entre les limites 0 et θ_1.

3. Dans le cas où la couche est traversée, les résultats se déduisent des résultats précédents à l'aide des transformations indiquées dans la première Note (¹).

ÉLECTROPHORÈSE. — *Obtention de dépôts de thorine par électrophorèse.* Note de M. **Guy Mesnard**, présentée par M. Jean Cabannes.

En vue de préparer des cathodes à la thorine pour tubes électroniques, nous avons eu recours à la cataphorèse pour déposer l'oxyde sur un fil de tungstène de 0mm,15 de diamètre. Ce fil, immergé sur une longueur de 15mm dans la suspension, est placé dans l'axe de l'anode cylindrique en nickel pur de 5cm de diamètre. Les dépôts obtenus ont été examinés (visuellement et par photographie) au microscope métallographique.

Nous avons repris en premier lieu le procédé de O. Weinreich (¹) consistant à peptiser la thorine par l'acide chlorhydrique; la suspension ainsi obtenue sédimente rapidement et donne des dépôts floconneux. Nous avons utilisé ensuite la méthode de Hanley (²), basée sur l'introduction d'une faible propor-

(¹) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 996.

(¹) *Rev. Gén. de l'Électricité*, **54**, 1945, p. 243-255.

(²) *Journ. Applied Physics*, **19**, 1948, p. 583-589.

tion de nitrate de thorium dans une suspension alcoolique (alcool éthylique à 95°) de thorine; la présence des ions Th^{4+}, qui chargent les particules, rend cette suspension plus stable que la précédente. Afin de préciser l'influence de divers facteurs, nous avons essayé successivement plusieurs bains alcooliques contenant, soit de la thorine ou du nitrate (produits commerciaux en poudre très fine), soit les deux produits à la fois, et éventuellement une certaine quantité d'eau. L'expérience a montré que les proportions de ces constituants ne sont pas critiques, mais que leur pureté est essentielle.

La suspension de thorine dans l'alcool absolu du commerce, quoique peu conductrice et instable, donne naissance à des dépôts mamelonnés se formant très lentement. L'addition d'eau accroît l'instabilité et conduit à des revêtements fragiles qui se désagrègent en ne laissant subsister que des flocons épars. L'introduction d'un peu de nitrate (sans eau) permet d'obtenir des enduits bien adhérents (comme les dépôts de sédimentation). Avec des courants trop intenses ou trop faibles, ces dépôts sont encore mamelonnés, mais ils sont plus uniformes, quoique non lisses (aspect *sablé*), pour des intensités moyennes, de l'ordre du milliampère.

Une suspension alcoolique de nitrate fournit des revêtements légers, lisses mais craquelés. La présence d'un peu d'eau rend ces dépôts plus abondants, divisés en plaquettes bien cohérentes adhérant mal au support. Si l'on augmente la proportion d'eau, il se forme des paillettes encore moins adhérentes et, si la quantité d'eau est telle que l'électrolyse devient prépondérante, on observe un dégagement important d'hydrogène; le fil s'entoure alors d'une sorte de gelée volumineuse qui, en disparaissant, fait place à de petites paillettes qui se détachent facilement.

Enfin, le bain (100^{cm^3}) contenant, outre la thorine (3 à 4^g), de faibles quantités de nitrate (1^{dg}) et d'eau (1 à 2^{cm^3}), permet seul d'obtenir, avec un courant de quelques centaines de microampères, de bons dépôts d'aspect finement *sablé*. Un courant plus intense donne un revêtement mamelonné et un courant trop faible un dépôt plus lisse, mais légèrement craquelé. En outre, le même bain usagé (ayant séjourné longtemps dans la cuve) fournit un dépôt floconneux et irrégulier, prenant avec le temps une teinte verdâtre (sous l'influence probable des ions Ni_2^+) et noircissant par chauffage.

Nous avons étudié, dans les divers cas, la chute de l'intensité du courant au cours de l'électrophorèse. Cette chute est négligeable avec les suspensions qui ne contiennent pas de nitrate. Pour les autres, elle s'accentue à mesure que les proportions de nitrate et d'eau augmentent. A tension constante, l'intensité du courant diminue d'abord très vite, puis de plus en plus lentement avant d'atteindre, en quelques dizaines de secondes, une valeur quasi stationnaire dépendant du bain considéré (par exemple, dans le cas de la dernière suspension mentionnée, le courant passe en 1 minute environ de 300 μA à la valeur limite 120 μA). La variation peut être attribuée à la résistance croissante du

revêtement, mais, ainsi que l'a suggéré Hamaker ([3]), il y a lieu de tenir compte de la polarisation des électrodes. L'intervention d'une résistance proportionnelle à l'épaisseur du dépôt (c'est-à-dire à la quantité d'électricité ayant traversé la cuve) ne s'accorde guère avec l'existence d'une valeur limite relativement considérable de l'intensité du courant. Nos observations, qui mettent en évidence l'allure exponentielle de la décroissance initiale, montrent que la polarisation est largement prépondérante et comparable à celle qui se produirait si le bain ne contenait que les ions (électrolyse sans formation de dépôt cataphorétique). La résistance du revêtement ne paraît donc jouer qu'un rôle peu important.

Nous avons essayé d'interpréter l'aspect et la texture apparente des dépôts en prenant pour guide la théorie de Hamaker et Verwey ([4]). On admet que les particules, entraînées par le champ vers la cathode, ne s'y déposent pas immédiatement, par suite de leur répulsion mutuelle. Leur concentration augmente donc au voisinage de la cathode et le dépôt n'a lieu que lorsque leur distance moyenne atteint une certaine valeur critique. Si la suspension est peu stable, la floculation précédera la formation du dépôt qui sera alors floconneux et peu adhérent. C'est ce que nous observons avec les bains les plus défavorables, contenant extrêmement peu de nitrate et d'eau. Si l'on ajoute du nitrate, le revêtement est plus régulier, mais d'aspect *sablé* (particules de thorine relativement grosses et distance critique assez grande). Avec une forte proportion de nitrate, le dépôt est plus lisse (petites particules de nitrate et faible distance critique). Il en est de même avec peu de nitrate si la tension appliquée est trop faible, car les grains de nitrate sont seuls entraînés par le champ. Ces dépôts de nitrate recristallisent d'ailleurs en formant des plaquettes de faible adhérence.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'emploi d'une ligne bifilaire blindée pour des mesures d'impédances en ondes métriques et décimétriques.* Note de MM. **Roger Arnoult** et **André Lebrun**, présentée par M. Camille Gutton.

En vue de déterminer les propriétés diélectriques de substances dont on ne possède que de faibles quantités, nous avons étudié une méthode de mesure d'impédances utilisant une ligne bifilaire blindée. La substance constitue le diélectrique d'un petit condensateur Γ mobile le long de la ligne; celle-ci est terminée en A par un court-circuit portant une petite boucle excitatrice et en B par un court-circuit mobile portant une petite boucle reliée à un cristal détecteur.

Considérons d'abord le *cas d'une ligne parfaite* (constante d'affaiblisse-

([3]) *Trans. Faraday Soc.*, 36, 1940, p. 279-287.
([4]) *Trans. Faraday Soc.*, 36, 1940, p. 180-185.

ment $\alpha = 0$; courts-circuits parfaits en A et B). Avant d'introduire Γ on amène la ligne à la résonance en mettant B en B_0 ($AB_0 = \lambda$). On place ensuite Γ au nœud de tension M_0 situé (dans le cas actuel) exactement au milieu de la ligne. Il est facile de montrer, à partir des formules classiques des lignes, que si l'on donne à B un déplacement $B_0 B = a$ et à Γ un déplacement $M_0 M = d$ le carré du module de l'amplitude I_2 du courant en B est donné par

$$|I_2|^2 = \frac{E^2}{z_0^2 \sin^2\eta \sin^2(\xi - \eta)[(\operatorname{cotg}\eta + \operatorname{cotg}(\xi - \eta) + b)^2 + g^2]}$$

(E, amplitude de la f. é. m. induite en A; z_0, impédance caractéristique de la ligne; $\eta = 2\pi d/\lambda$; $\xi = 2\pi a/\lambda$; $z_0/z = g - jb$, z étant l'impédance équivalente à Γ).

On peut étudier les variations de $|I_2|^2$ de deux façons différentes : (I) en fixant la valeur de ξ (positive ou négative) et en faisant varier η; (II) en fixant la valeur de η (positive ou négative) et en faisant varier ξ.

MÉTHODE I. — *En choisissant convenablement* ξ on observe deux courbes de résonance situées symétriquement par rapport à $\eta = \xi/2$ et pour lesquelles le maximum $|I_2|_M^2$ est proportionnel à $\operatorname{cosec}^2\xi(1 + b^2/g^2)$.

On obtient b et g en déterminant la position ($\eta = \eta_M$) du maximum et la largeur ($2\Delta\eta$), à mi-hauteur, d'une de ces courbes.

On a

$$b = -[\operatorname{cotg}\eta_M + \operatorname{cotg}(\xi - \eta_M)](1 + t^2)^{-1} \qquad \text{et} \qquad g = -tb$$

avec

$$t = \pm \Delta\eta[\operatorname{cotg}\eta_M - \operatorname{cotg}(\xi - \eta_M)] - (\Delta\eta)^2[\operatorname{cotg}\eta_M \operatorname{cotg}(\xi - \eta_M) + 1].$$

(On doit prendre le signe + quand $d > 0$, le signe — quand $d < 0$.)

On voit qu'il est possible par un choix judicieux de ξ, *d'obtenir* $\Delta\eta$ *grand* (*on a alors une bonne précision sur* g) *ou* $\Delta\eta$ *petit* (*bonne précision sur* b). En outre, on voit que $\operatorname{cotg}\eta_M + \operatorname{cotg}(\xi - \eta_M) = -b - g^2/b$: la somme des deux cotangentes doit rester constante si l'on recommence la mesure pour différentes valeurs de ξ; *la vérification de ceci constitue un excellent critère du bon fonctionnement de l'appareil.*

MÉTHODE II. — *On peut, de même, choisir judicieusement* η *pour se placer encore dans les meilleures conditions de mesure.* $2\Delta\xi$ représentant la largeur, à mi-hauteur, d'une courbe de résonance et p la quantité $1 + \operatorname{cotg}^2(\xi_M - \eta)$, on a maintenant [si $8g \leq p \operatorname{tg}(\xi_M - \eta)$, ce qui est pratiquement toujours réalisable par un choix convenable de η] :

$$b = -\operatorname{cotg}\eta - \operatorname{cotg}(\xi_M - \eta)[1 + p(\Delta\xi)^2]^{-1} \qquad \text{et} \qquad g = p\,\Delta\xi\left[1 + p\frac{(\Delta\xi)^2}{2}\right]^{-1}.$$

Cette méthode est particulièrement intéressante si l'on envisage la mesure d'impédances difficilement déplaçables ou d'impédances très absorbantes pour

lesquelles on observerait, dans la première méthode, des courbes de résonance trop larges.

Ligne réelle. — (α petit, mais non nul; A et B non assimilables à des courts-circuits parfaits, par suite de l'existence des boucles excitatrice et détectrice et des contacts mobiles en B). Les valeurs de b et g fournies par les formules précédentes ne constituent plus alors qu'une première approximation, d'ailleurs souvent bien suffisante.

On opère comme il a été indiqué pour la ligne parfaite : on mesure le déplacement de B à partir du point B_0 où la ligne est à la résonance en l'absence de Γ (la longueur correspondante AB_0 n'est plus, maintenant, exactement égale à λ) et l'on mesure les déplacements de Γ à partir du nœud de tension situé, en M_0, vers le milieu de la ligne. M_0 est déterminé *expérimentalement* : on peut, par exemple, déplacer le long de la ligne (B étant en B_0) une impédance z très absorbante : I_2 reprend la valeur observée en l'absence de z quand celle-ci passe en M_0. *Les deux origines,* B_0 *et* M_0, *sont ainsi très bien déterminées et pendant toutes les mesures les caractéristiques de la ligne, toujours complètement blindée, ne subissent aucune modification*; ceci n'est pas toujours aisément réalisable dans la méthode, souvent utilisée, où l'on remplace, à une extrémité de la ligne, un court-circuit par l'impédance à mesurer. Désignons par z_1 et z_2 les impédances correspondant aux extrémités A et B et posons $z_1/z_0 = \mathrm{th}(u_1 + jv_1)$; $z_2/z_0 = \mathrm{th}(u_2 + jv_2)$.

On a maintenant, pratiquement :

$$|I_2|^2 = \frac{\text{const.}}{\sin^2\eta \sin^2(\xi - \eta)[(\mathrm{cotg}\,\eta + \mathrm{cotg}(\xi - \eta) + b)^2 + (g_1 + g_2 + g)^2]} \tag{1}$$

avec

$$g_1 \# \left[\alpha\left(\frac{\lambda}{2} + d\right) + u_1\right][\mathrm{cotg}^2\eta + 1]$$

et

$$g_2 \# \left[\alpha\left(\frac{\lambda}{2} + a - d\right) + u_2\right][\mathrm{cotg}^2(\xi - \eta) + 1].$$

On voit que si $u_1 \# u_2$ (ce qui peut être obtenu sans grande difficulté), on observe encore, par la première méthode décrite (η variable), deux courbes de résonance symétriques par rapport à $\eta = \xi/2$. (On peut utiliser ce fait pour déterminer M_0 sans utiliser la méthode décrite plus haut.) Si l'impédance à mesurer est telle qu'il soit possible de choisir une valeur de ξ (méthode I) ou de η (méthode II) telle que $g_1 + g_2$ reste très petit devant g, on retrouve le cas de la ligne parfaite. Sinon, on doit appliquer aux formules indiquées dans ce cas une correction que l'on peut déterminer en partant de (1). Les expressions obtenues, ainsi que les caractéristiques des lignes que nous avons utilisées, seront données dans un article plus détaillé, publié ailleurs.

Avec une ligne ayant une longueur de 3^m, par exemple, on peut donc réaliser par ces deux méthodes des mesures *précises* à des longueurs d'onde allant de

quelques décimètres à environ 3^m. On peut même (mais avec une précision plus faible) utiliser l'appareil jusqu'à des longueurs d'onde de l'ordre de 6^m, en fixant à la ligne une longueur voisine de $\lambda/2$ et en étudiant la position et la largeur de la courbe de résonance située près de A.

OPTIQUE. — *Influence de la diffraction dans les mesures de lumière parasite* [1]. Note de MM. **Maurice Françon** et **Michel Cagnet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans la mesure classique de la lumière parasite d'un instrument d'optique [2], on cherche à mesurer la brillance d'un trou objet T parfaitement noir, vu à travers l'instrument et situé au centre d'un écran lumineux étendu.

L'indicatrice de diffusion présentant souvent un maximum marqué dans la direction du rayon, il est prudent d'effectuer les mesures le plus près possible de l'axe, donc d'utiliser de petits trous T. Dans ces conditions les anneaux éloignés de la lumière diffractée par l'écran créent dans l'image du trou T un voile qui vient se superposer à celui produit par la lumière parasite de l'instrument.

L'intensité de la lumière diffractée par l'écran au centre de l'image du trou T est

$$I_e = 2\int_{w_e}^{+\infty}\left[\frac{J_1(w)}{w}\right]^2 w\,dw = J_0^2(w_e) + J_1(w_e),$$

avec

$$w_e = \frac{\pi}{\lambda}\omega\theta',$$

ω diamètre de la pupille de sortie du photomètre utilisé, θ' demi-diamètre apparent de l'image du trou T vu à travers l'ensemble instrument, photomètre.

Pour les grandes valeurs de W_e,

$$I_e = \frac{2}{\pi w_e} = \frac{2\lambda}{\pi^2\omega\theta'}.$$

Soit un instrument ayant une lumière parasite propre de 1 %, valeur courante pour un bon instrument, si l'on fait la mesure avec $\theta' = 30'$ et une pupille de 1^{mm}, conditions expérimentales courantes, la lumière parasite due à la diffraction est de 0,013, soit de l'ordre de la valeur de la grandeur à mesurer.

Le calcul de quelques valeurs

ω = 0,5 mm	0,053	0,027	0,006
1	0,027	0,013	0,005
3	0,009	0,004	0,001
θ'	15′	30′	2°

(1) *Revue d'Optique* (sous presse).

(2) A. Arnulf, *Cours d'Optique instrumentale*.

montre qu'il est nécessaire dans les mesures de lumière parasite effectuées dans des conditions habituelles ($\theta' = 30'$, $\omega = 1^{mm}$), de faire une correction : c'est-à-dire de retrancher des valeurs mesurées l'intensité parasite due à la diffraction.

Vérification expérimentale. — Les pièces optiques diffusant toujours un peu de la lumière qu'elles transmettent, on doit réaliser un instrument dépourvu de pièces optiques. Nous avons donc étudié la lumière parasite d'un objectif réduit à une simple pupille. Nous avons étudié la répartition des éclairements dans l'image sténopéique d'un trou objet parfaitement noir situé au centre d'un écran lumineux étendu. Mais les phénomènes ainsi étudiés sont des phénomènes de diffraction à distance finie. Après nous être placés dans des conditions expérimentales telles que l'effet de la substitution des phénomènes de diffraction à distance finie aux phénomènes à l'infini soit négligeable, nous avons obtenu des résultats expérimentaux qui confirment les résultats théoriques précédents.

PHOSPHORESCENCE. — *Action de la température sur l'extinction par les champs électriques de la luminescence des sulfures.* Note de M. **Joseph Mattler**, présentée par M. Jean Cabannes.

La brillance d'un sulfure exité par un rayonnement X d'intensité constante évolue plus ou moins rapidement vers une valeur de saturation B_0. Si la substance est soumise en même temps à un champ électrique alternatif, la brillance de saturation B_1 est plus faible ([1]).

Nous avons montré dans une publication récente ([2]) que le taux d'extinction $\tau = (B_0 - B_1)/B_0$ varie avec la nature du sulfure et avec l'intensité du champ appliqué.

Les variations de τ en fonction de la température font l'objet de la présente Note.

Nous avons opéré entre 20 et 80° C, limites imposées par le dispositif expérimental actuel et le mode de fabrication des cellules électrophotoluminescentes.

Quatre échantillons différents de sulfures ont été étudiés. Deux d'entre eux ne présentent pratiquement pas de persistance : un sulfure mixte de zinc et de cadmium (40 % CdS) contenant 1/10 000 d'argent comme phosphorogène (échantillon n° 1), un sulfure mixte de zinc et de cadmium à l'argent avec addition de nickel (échantillon n° 2). Les deux autres produits (échantillons n°s 3 et 4) sont des sulfures de zinc au cuivre (Guntz, 110 et 107).

([1]) Cet effet de champ est entièrement différent de l'effet d'excitation propre de la luminescence par des champs alternatifs d'ailleurs bien plus intenses (Effet Destriau).

([2]) G. Destriau et J. Mattler, *J. Phys.*, 9, 1948, p. 258.

Les échantillons 1 et 2 s'éteignent fortement sous l'action du champ électrique et τ s'élève progressivement avec la température.

Pour un champ donné, les courbes $\tau = f(\theta)$ présentent un point d'inflexion pour une température voisine de 35° C; elles paraissent tendre asymptotiquement vers des valeurs limites de τ à basse et à haute température (courbes en S).

Vers 80° l'échantillon n° 1 est presque entièrement éteint lorsqu'il est soumis en régime permanent à un champ électrique alternatif de l'ordre de 20 000 V efficaces par centimètre, et ceci malgré l'excitation des rayons X.

L'échantillon n° 3 présente à 20° une extinction du même ordre de grandeur que l'échantillon n° 2, mais, à l'inverse de ce dernier, τ est indépendant de la température.

L'échantillon n° 4 possède un très faible effet extincteur qui semble peu varier avec la température.

A titre d'indication nous reproduisons dans le tableau suivant quelques valeurs numériques :

Valeurs de τ à différentes températures.

Températures.......	20°.	27°.	35°.	41°.	46°.	50°.	56°.	66°.	78°.
Échantillon n° 1....	0,32	0,39	0,51	0,60	–	0,70	0,76	0,87	0,91
» 2....	0,11	–	0,21	0,30	–	–	0,46	0,54	–
» 3....	0,09	–	0,09	0,09	–	–	0,09	0,09	–
» 4....	0,02	–	0,06	–	0,08	–	0,06	–	–

Ces résultats suggèrent un rapprochement avec l'extinction de la luminescence par simple élévation de température. D'après les résultats expérimentaux publiés à ce sujet par divers auteurs, les sulfures 3 et 4 devraient bien être plus difficiles à éteindre que les sulfures 1 et 2 ([3]).

Si l'on adopte alors la théorie des chocs multiples de Möglich et Rompe ([4]), l'application du champ électrique par les déformations qu'il produit au voisinage des centres, pourrait introduire des harmoniques supérieurs dans les potentiels favorisant ainsi la dissipation d'énergie par chocs multiples.

PHOTOPHORÈSE. — *Photophorèse et magnétophotophorèse des particules de fer oméga dans l'air à différentes pressions.* Note de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Aimé Cotton.

On reprend ici, en la complétant, l'étude relative à l'influence de l'air ambiant sur la photophorèse des particules de fer oméga ([1]). Les faits observés

([3]) *Voir*, en particulier, F. A. Kröger, *Some Aspects of the Luminescence of Solids*, p. 176.

([4]) *Zeits. f. Phys.*, 115, 1940, p. 707.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1216

confirment le rôle essentiel de ce gaz dans la photophorèse positive (répulsion) et négative (attraction), et permettent d'étendre les mêmes conclusions à la magnétophotophorèse.

Le dispositif expérimental est identique à celui déjà décrit ([1]). La source lumineuse était constituée par le cratère positif d'un arc de 25 A. Le champ magnétique, produit par des bobines d'Helmholtz, pouvait varier entre 0 et 10 gauss; il pouvait être, soit horizontal et parallèle à l'axe du faisceau lumineux, soit vertical.

Lorsque l'agitateur fonctionne, les particules tombent en décrivant des lignes lumineuses dont l'ensemble forme une sorte de gerbe. En interrompant le faisceau par un disque percé de trous et animé d'un mouvement de rotation de vitesse connue, on produisait des interruptions sur les trajectoires des particules. On pouvait ainsi contrôler leur vitesse de chute.

Pressions de l'air ambiant comprises entre 760 mm *et* 10 mm *de* Hg. — A la pression atmosphérique, le faisceau ne produit aucune déviation décelable de la gerbe. Les vitesses de chute des particules sont comprises entre 1,2 et 2,5 cm/sec; il y a d'ailleurs tendance à l'égalisation de ces vitesses, par suite de la viscosité de l'air. Quand on arrête l'agitateur, il n'y a plus de gerbe véritable; on voit seulement quelques particules qui tombent plus lentement; certaines subissent une faible photophorèse positive ou négative.

Opérons à des pressions de plus en plus basses. La vitesse de chute des particules de la gerbe reste à peu près constante jusque vers la pression de 10^{mm} de Hg, ce qui prouve que la loi de résistance de l'air demeure la même. Mais, vers 200 mm de Hg, du gros des particules qui continuent à tomber verticalement, se détache une gerbe de particules repoussées. Puis, vers 70 mm de Hg, presque toutes les particules s'organisent en deux gerbes; l'une repoussée contient les plus brillantes, par conséquent les plus grosses, l'autre attirée contient les moins lumineuses, donc les plus fines. Les déviations, d'autant plus marquées que la pression est plus basse, sont très fortes vers 10 mm de Hg. Il y a donc une influence très nette de la pression du gaz ambiant.

Il en est de même avec la magnétophotophorèse qui se traduit, dans un champ magnétique horizontal de l'ordre du gauss, et pour des pressions inférieures à 200 mm, par un étalement des gerbes, surtout de la positive. En outre, lorsque l'agitateur est arrêté, un verre bleu ordinaire faiblement absorbant supprime complètement la magnétophotophorèse relativement faible des particules en suspension à la pression atmosphérique et la laisse subsister très distinctement entre 200 et 50 mm de Hg. Si le champ est vertical et de sens quelconque, la magnétophotophorèse se manifeste, à des pressions de l'ordre de 10 mm, par l'arrêt, au bord supérieur du faisceau, de nombreuses particules, en majorité photopositives; la plupart décrivent sur place des mouvements vibratoires rectilignes, des mouvements circulaires ou des courbes irré-

gulières faisant penser au mouvement brownien. Ces mouvements, signalés d'abord par Whytlaw Gray ([2]), existent même dans le champ terrestre.

Pressions comprises entre 10 mm *et* 1 mm de Hg. — Lorsque la pression décroît entre ces deux limites, la vitesse de chute croît depuis 2,5 cm/sec environ jusqu'à des valeurs comprises entre 7 et 10 cm/sec environ. Les déviations des deux gerbes attirée et repoussée sont très prononcées. Les phénomènes de magnétophotophorèse dans le champ magnétique horizontal ou vertical existent aussi; parfois la particule, dans son mouvement au bord du faisceau, pénètre alternativement dans la lumière et dans l'ombre; tous ces phénomènes cessent si l'on annule la composante verticale du champ terrestre et réapparaissent dans le simple champ terrestre ou dans un champ vertical de quelques gauss et de sens quelconque.

Pressions inférieures à 1 mm *de* Hg. — A mesure qu'on fait le vide, la vitesse des particules ou des amas de particules n'augmente pas beaucoup au niveau de la réserve, et elle reste inférieure à une limite de l'ordre de 10 à 12 cm/sec ([3]). Mais, les phénomènes d'attraction et de répulsion, qui subsistent encore jusque vers 10^{-1} ou 10^{-2} mm, diminuent d'intensité et finissent par disparaître à pression plus basse. Vers 5.10^{-1} mm environ, s'évanouissent les divers effets causés par le champ magnétique horizontal ou vertical.

Aux basses pressions, de l'ordre de 10^{-4} mm et même inférieures, certaines particules, en tombant, décrivent de fines hélices déjà mentionnées ([1]), qui sont visibles en lumière faible et n'ont rien de commun avec la photophorèse.

Conclusions. — Ainsi les phénomènes de photophorèse et de magnétophotophorèse du fer oméga sont très intenses dans une zone *optima* de pression de l'air ambiant; leur intensité est variable avec la pression de cet air qui joue dès lors un rôle important.

Nos conclusions n'infirment pas les observations dans lesquelles Nichols et Hull, cherchant à mettre en évidence la pression de radiation, ont observé autrefois une répulsion, par la lumière, de particules de carbone tombant dans le vide. Mais ces expériences, vieilles d'un demi-siècle, devraient être reprises, surtout en ce qui concerne le vide, avec des moyens plus perfectionnés.

RAYONS X. — *Paramètres de fonctionnement dans les tubes à rayons* X *à cathode froide.* Note de MM. **Paul Renaud** et **Pierre Péris**, présentée par M. Louis de Broglie.

On admet généralement que le durcissement des tubes à rayons X à cathode froide est dû à l'absorption des gaz par les parois, c'est-à-dire à la diminution de la pression dans le tube ([1]).

([2]) *Smoke*, 1932, p. 122.

([3]) La valeur de 15 cm/sec, donnée dans une Note précédente, était surestimée.

([1]) J. J. Thomson, *Electricity through gases*, vol. II, p. 466, Cambridge, 1943.

Nous avons cherché à mesurer cette variation de pression pour tracer une courbe de durcissement $i=f(p)$. Nous avons constaté que l'intensité i varie quand la pression varie, mais également quand la pression reste constante.

Il faut donc écrire $i=f(p, x)$, x étant une variable dont la nature reste à déterminer. Mais nous avons décelé son existence avec certitude : la variation relative de i avec p constant peut atteindre rapidement 75 %.

L'expérience a été faite avec un tube à cathode froide, vidé par une pompe à palettes suivie d'une pompe à vapeur de mercure.

La pression dans le tube était réglée par une rentrée d'air variable. Le flux d'air pouvait arriver soit à la base du tube, par l'anode, soit par la cathode. La pression est mesurée à l'aide d'une jauge de Pirani montée entre la pompe et le tube.

Le domaine de fonctionnement (émission de rayons X) est situé par la jauge entre 2 et $4,5.10^{-2}$ mm de mercure, ce qui fournit sur le microampèremètre un déplacement de 100 μA. Il permet d'apprécier un déplacement inférieur à 2 μA. Dans ces limites l'intensité varie linéairement avec la pression.

Nous avons pratiqué deux séries de mesures, en adoptant provisoirement le temps t comme variable x. Nous avons d'abord déterminé la fonction $i=f(pt_0)$, intensité au début de l'établissement d'une pression déterminée.

Le tube présente, en gros, trois régimes différents lorsque la pression varie dans de grandes proportions.

Aux faibles pressions, il est dur et ne laisse pas passer de courant.

Entre 2 et $4,5.10^{-2}$ mm de Hg, il émet un faisceau de rayons X dont la luminosité passe par un maximum, s'éteignant progressivement pour les valeurs extrêmes.

Aux pressions plus élevées il passe une décharge lumineuse, intermittente puis continue, le potentiel entre électrodes devenant insuffisant pour la production des rayons X.

L'intensité du courant croît régulièrement avec la pression, à partir de 2.10^{-2} mm de mercure, jusqu'au régime de décharge atteint avec ce tube vers 5 mA et où se place une discontinuité nette avec passage à plus de 15 mA.

Le fonctionnement du tube a été étudié avec des gaz variés. L'air, l'oxygène, l'azote, secs ou humides, ne changent pas l'allure du phénomène. Les courbes obtenues pour $i=f(pt_0)$ sont simplement décalées. L'hydrogène seul et lorsqu'il est très pur, présente une plus forte résistance au passage du courant avec réduction du domaine de fonctionnement (de 4 à 5 mm de Hg). Les intensités maxima du régime d'émission X restent comparables.

Durcissement. — On vérifie l'étanchéité de l'appareil. Au début de la mise en service d'un tube, le dégazage sous l'influence de la tension est assez intense et amène une variation de pression notable à la jauge de Pirani. Ce phénomène disparaît rapidement.

Le système pompe à mercure et rentrée d'air permet une stabilisation de la

pression, à une valeur réglable, pour une durée pratiquement illimitée. L'établissement d'une différence de potentiel ne modifie pas cet état d'équilibre.

Si on laisse fonctionner le tube à pression constante, c'est-à-dire sans modifier la rentrée d'air, l'intensité en fonction du temps $i=f(p_0 t)$ décroît rapidement. Dans les dix premières minutes elle diminue de 40 % et, au bout de quelques heures, le débit peut être réduit à moins de 25 % de sa valeur initiale.

Pour passer au démarrage $[i=f(pt_0)]$ de 1 à 3 mA, il faut doubler la pression. D'autre part, aucun changement de nature du gaz n'altère l'intensité dans de telles proportions et le durcissement se produit même avec l'hydrogène. (On sait que les tubes scellés à gaz se régénéreraient par l'hydrogène.)

Ce phénomène ne peut donc pas s'expliquer par un dégazage changeant la pression ou la composition du gaz contenu dans le tube.

Conclusion. — Il faut donc admettre que le fonctionnement d'un tube à cathode froide déterminé ne dépend pas du seul paramètre pression, mais qu'un autre paramètre, non encore classé, intervient dans la définition du phénomène.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Étude expérimentale de l'effet Maxwell des solutions de macromolécules en chaînes en fonction de la viscosité du solvant.* Note de M. **Roger Cerf**, présentée par M. Aimé Cotton.

Considérons une solution macromoléculaire soumise à un écoulement à gradient constant K. Nous désignerons comme précédemment [1] par φ l'angle caractérisant la position des lignes neutres du milieu en écoulement et par $\operatorname{tg}\alpha$ la pente de la tangente à la courbe $\varphi(K)$ pour $K=0$. On sait que la limite $(\operatorname{tg}\alpha)_0$ de $\operatorname{tg}\alpha$ à concentration nulle, a été calculée pour différents modèles moléculaires :

a. Pour une particule rigide, on a d'après la théorie classique de l'orientation

$$T(\operatorname{tg}\alpha)_0 = A\eta_0, \tag{1}$$

où η_0 est la viscosité du solvant, T la température absolue, et A une constante géométrique caractérisant les molécules en suspension.

b. Pour un filament statistique, selon W. Kuhn et H. Kuhn [2], l'expression de $(\operatorname{tg}\alpha)_0$ est encore de la forme (1), où le coefficient A dépend des caractéristiques hydrodynamiques des éléments de la chaîne ainsi que d'une *viscosité interne* de la particule.

c. Pour une sphère élastique nous avons établi (*loc. cit.*) que

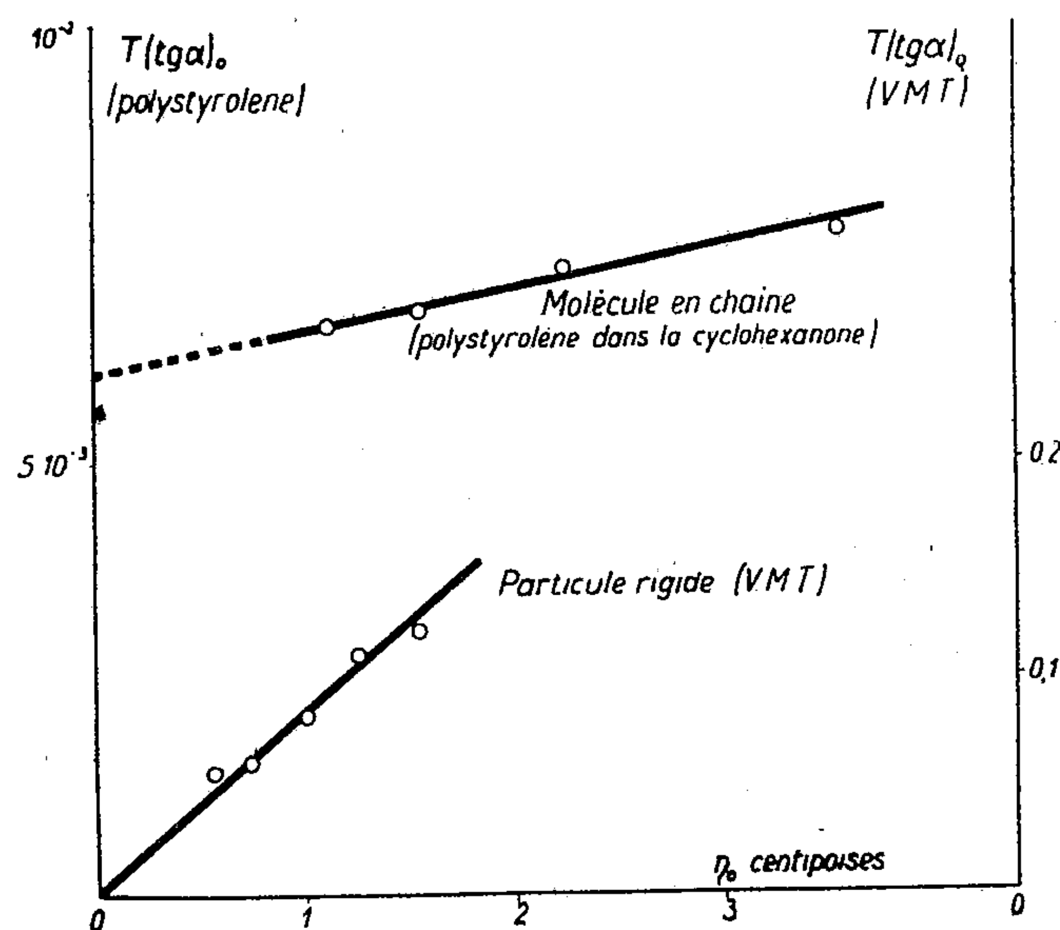
$$(\operatorname{tg}\alpha)_0 = \frac{1{,}25}{\mu}(\eta_0 + 0{,}4\,\eta_i), \tag{2}$$

[1] *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1586; **227**, 1948, p. 1221 et 1352.

[2] *Helv. Chim. Acta*, du vol. **26** au vol. **30**.

où μ et η_i représentent respectivement les coefficients d'élasticité et de viscosité interne de la particule.

Résultats expérimentaux. — Nous avons rendu possible une détermination expérimentale précise de $(\mathrm{tg}\,\alpha)_0$ (³) et nous nous sommes proposé, en comparant les résultats obtenus avec ceux que prévoient les formules (1) et (2), d'éprouver



la validité de certains modèles théoriques par lesquels on représente une macromolécule en chaîne. On déduit de nos résultats antérieurs que la formule (2) peut, lorsque la sphère élastique représente une molécule en chaîne, se mettre sous la forme suivante :

$$(2') \qquad \mathrm{T}(\mathrm{tg}\,\alpha)_0 = \frac{1{,}25\,\mathrm{T}_x}{\mu_x}(\eta_0 + 0{,}4\,\eta_i),$$

où μ_x est la valeur de μ pour la température arbitraire T_x.

Pour effectuer cette comparaison, il est nécessaire de faire varier la viscosité d'une solution macromoléculaire donnée, ce que nous avons fait ici par variations thermiques.

1. Nous avons d'abord vérifié la validité de la loi (1) pour des particules rigides en étudiant une solution aqueuse de virus de la mosaïque du tabac entre 7°C et 50°C (voir la figure).

2. Nous avons ensuite étudié une solution de molécules en chaînes, ici un polystyrolène de masse osmotique moyenne 140 000 dissous dans la cyclohexanone. Les mesures ont été effectuées entre 0°C et 60°C, et conduisent

(³) *Cf.* un article à paraître à la *Revue d'Optique*.

entre autres au résultat suivant : *la quantité* $T(\operatorname{tg}\alpha)_0$ *est de la forme* $a\eta_0 + b$, *a et b étant deux constantes positives.*

1° Ce résultat est en contradiction avec la théorie de W. Kuhn et H. Kuhn, selon laquelle le coefficient *b* ne peut être que nul ou même négatif si l'on tient compte des variations thermiques de la viscosité interne (au sens de Kuhn).

2° Par contre, ce résultat montre que les chaînes de polystyrolène se conduisent, au moins pour l'effet Maxwell, comme des sphères élastiques dont la viscosité interne peut être considérée comme constante dans l'intervalle de température exploré. (On a ici $\mu_{20°} \sim 7.10^3$ C.G.S. et $\eta_i \sim 0,3$ C.G.S.)

Cette conclusion vient compléter de façon décisive les résultats que nous avions déjà établis (*loc. cit.*) en montrant que la grandeur Δn de la biréfringence présentée par les solutions de polystyrolènes et de polyisobutylènes en fonction de l'indice de réfraction du solvant peut s'interpréter facilement au moyen du même modèle.

Elle confirme par là-même, au moins dans ce cas, la validité de la méthode de la particule équivalente proposée par Ch. Sadron ([4]) pour l'étude du comportement hydrodynamique d'une macromolécule en chaîne, et que nous avons employée ici en tenant compte de faibles fluctuations de forme de la molécule autour de la configuration moyenne.

RADIOACTIVITÉ. — *Dispositif électrique fournissant automatiquement la distribution dans le temps d'événements nucléaires (émission particulaire).* Note de MM. JEAN THIBAUD et ROLAND CHÉRY, présentée par M. Louis de Broglie.

Toute étude sur la statistique des désintégrations radioactives dans le temps est pénible, car elle nécessite le dépouillement de longueurs importantes de films d'enregistrement d'impulsions, ainsi que des calculs considérables ([1]). Les développements actuels de l'électronique incitent à leur substituer des installations automatiques donnant directement la distribution des intervalles de temps.

L'un de nous avait ainsi, antérieurement, comparé la succession des impulsions sur le fond d'un oscillographe à une base de temps à fréquence variable ([2]), puis obtenu une distribution directe des intervalles Δt en utilisant un circuit de constante de temps CR élevée; la photographie du fond de l'oscillographe donnait ainsi la distribution des intervalles par des gradations dans la densité du cliché. Chaque impulsion électrique (venant d'une chambre

---

([4]) *J. de Chim. Phys.*, 44, 1947, p. 22.

([1]) J. THIBAUD, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 860; *Annales de Physique*, juillet 1941.

([2]) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 873.

d'ionisation s'il s'agit de la distribution d'événements intéressant le noyau atomique : désintégrations) provoque successivement la décharge rapide d'une capacité C en direction de l'oscillographe, puis la mise en charge de C au

Fig. 1.

Fig. 2.

travers d'une résistance élevée R, préparant ainsi la mesure de Δt lors de l'impulsion suivante. Dans l'instrument primitif [3] une commutation rapide décharge-charge était obtenue à chaque impulsion, à l'aide d'un relais électromagnétique de faible inertie.

En fait, la stabilité de la base de temps de référence de l'oscillographe (balayage horizontal) apparut insuffisante pour des enregistrements de durée. Aussi lui a-t-on substitué un générateur à fréquence stabilisée par diapason à 1000 périodes, en élinvar, enfermé dans une enceinte thermostatique A. Un dispositif démultiplicateur-multiplicateur B permet d'obtenir ainsi les trois fréquences 500, 1000, 1500. Après amplification en C on alimente un moteur synchrone M sous l'une des trois fréquences 500, 1000, 1500. Ce moteur entraîne, sous deux démultiplications différentes, deux disques D, régulièrement perforés en cercles concentriques. Un faisceau de lumière, aboutissant à une cellule photoélectrique P, peut ainsi être modulé suivant une gamme de fréquences très étendue, selon le cercle choisi. Le courant de la cellule, après amplification F, agit sur un thyratron T lui-même relié à une des plaques déflectrices d_1 de l'oscillographe.

---

[3] *Annales Université Lyon*, 3e série A (Sc. Math.), 1943, p. 43 et Guillobez, *Diplôme Études Sup.*, Lyon, 1946.

De plus, dans l'appareil qui vient d'être réalisé et que nous décrivons, on a remplacé les commutations mécaniques par des commutations électroniques. La figure 1 indique le schéma de montage : l'impulsion venue de l'amplificateur linéaire est divisée d'abord en deux impulsions rectangulaires :

a. L'une, négative, déclenche le circuit de mesure (charge d'une capacité à courant constant) qui agira ultérieurement, à l'aide d'un thyratron, sur la seconde plaque déflectrice d_2 (élongation verticale de l'oscillographe);

b. L'autre, positive, attaque, par le circuit K un flip-flop W, puis le Wehnelt du tube; elle a pour objet de ne laisser subsister le jet cathodique que pendant un temps très court et seulement au sommet de l'élongation verticale du spot correspondant à Δt.

Chaque intervalle de temps est alors représenté sur le fond de l'oscillographe par un point et non par un trait. La photographie révélera donc la distribution cherchée sous la forme d'un nuage de points que l'on observe sur le cliché 2 obtenu au moyen d'une chambre d'ionisation devant laquelle se trouvait une préparation de polonium : le nuage de points, plus dense vers le bas, représente la distribution statistique des intervalles Δt (abscisse verticale) entre deux émissions α consécutives, lorsque le temps s'écoule; il traduit bien la loi de distribution exponentielle, qui assigne la plus grande probabilité aux intervalles Δt les plus petits. Si l'indépendance des émissions de particules α par les noyaux de polonium n'était pas totale, des corrélations en résulteraient qui se traduiraient, sur la photo, par des concentrations locales de points. Nous reviendrons ultérieurement sur ce sujet.

Notons enfin que l'appareil ci-dessus décrit est d'une application générale pour tous les problèmes de statistique, en dehors même des questions de physique nucléaire pour lequel nous l'avons conçu : il peut servir à l'étude, en fonction du temps, de toute grandeur aléatoire, pourvu que celle-ci puisse être traduite en impulsion électrique au point M. Il contribuera à élucider les problèmes, parfois si complexes, de corrélation.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Échange iodures-polyiodures et détermination de la constitution des polyiodures par la méthode des indicateurs radioactifs.* Note de Mme **Dora Peschanski**, transmise par M. Frédéric Joliot.

D. E. Hull, C. H. Shifflett et S. C. Lind [1] ont constaté que l'échange isotopique I^-/I_3^- était instantané à la température ordinaire. A la suite des récentes recherches sur l'échange entre Se et les ions polyséléniés [2], il m'a paru intéressant de voir quel serait le comportement, à ce point de vue, des polyiodures d'indice supérieur à 3.

[1] *J. Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 535.

[2] M. Haissinsky et A. Pappas, *J. Chim. Phys.* (sous presse).

Préparation des solutions. — Les solutions polyiodurées à indice d'iode élevé ont été préparées par agitation énergique durant 500 heures et repos pendant 9 mois, de solutions de KI 5,4 N en présence d'iode solide en grand excès. L'indice moyen $\bar{y}$ du polyiodure $KI_{\bar{y}}^-$ de telles solutions serait environ 4 [3], et elles présenteraient des mélanges de tri-et penta-iodures et peut-être même de petites quantités d'ions à chaînes plus longues.

Étude de l'échange isotopique. — De très petites quantités (de l'ordre de 1^{mg}) de KI marqué par ^{131}I (période 8 jours) [4] ont été ajoutées à des solutions polyiodurées contenant 10 à 20^g d'iode. Après agitation rapide à la température ordinaire, de durée maximum de 2 minutes et minimum de 15 secondes, j'ai procédé à l'extraction fractionnée de l'iode par des solvants organiques (CS_2 ou benzène), jusqu'à l'extraction complète de son excès par rapport à KI. J'ai précipité ensuite l'iode à l'état de AgI par $AgNO_3$ alcoolique dans les fractions organiques et par $AgNO_3$ aqueux dans la fraction aqueuse contenant KI pur. J'ai mesuré à l'aide d'un compteur de Geiger-Muller les activités de différents échantillons d'AgI en *couche épaisse* dans des conditions géométriques identiques. Ces mesures ont montré que l'activité était uniformément répartie entre les différentes fractions, y compris la dernière contenant l'iodure de potassium.

Dosage radiométrique de polyiodures de potassium. — La rapidité de cet échange isotopique permet de déterminer commodément la constitution chimique des polyiodures, c'est-à-dire le rapport I/KI par le dosage radiométrique. En effet, l'activité spécifique de l'iodure marqué KI étant connue, la mesure de la dilution de cette activité dans le polyiodure donne immédiatement le rapport I^-/I_y^-.

Le dosage a été effectué de la façon suivante. D'une part j'ai ajouté 1 mg $K_y{}^{131}I$ à $25^g,03$ de solution de polyiodure et j'ai procédé de la façon indiquée dans l'étude de l'échange. D'autre part j'ai extrait par le CS_2 tout l'iode d'une autre prise d'essai de la même solution ($4^g,80$) et j'ai ajouté 0,2 mg KI* à la seule phase aqueuse contenant l'iodure de potassium pur. L'activité de l'iode de cinq fractions de la première prise d'essai était de 3227 ± 25 coups/min. L'activité de la deuxième prise d'essai mesurée dans les mêmes conditions géométriques était de 11780 ± 60 coups/min. Le rapport de masses initiales inactives étant $25,03 : 4,80 = 5,21$ et le rapport des quantités de Rd I ajouté $1 : 0,2 = 5,00$, l'indice moyen $\bar{y}$ du polyiodure est

$$\frac{11780 \times 5,21}{3227 \times 5000} = 3,80.$$

Cette valeur est très proche de celle qu'avait trouvée A. Hamburger [3] par

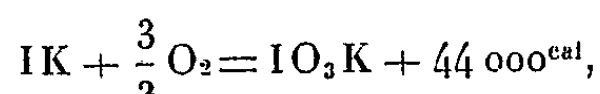
(3) *Z. Anorg. Chem.*, 50, 1906, p. 403.

(4) Le RdI a été fourni par le Service des Isotopes de la Pile de Châtillon.

volumétrie. La méthode des indicateurs radioactifs, par sa simplicité et sa rapidité, semble présenter des avantages appréciables sur le dosage classique volumétrique sujet, dans ce cas, à plusieurs causes d'erreur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagramme de fusion des mélanges iodure-iodate de potassium*. Note de MM. **Jean Bousquet** et **Maurice Dodé**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Étant donnée la chaleur de formation de l'iodate de potassium



$$IK + \frac{3}{2} O_2 = IO_3K + 44\,000^{cal},$$

la décomposition de l'iodate de potassium en iodure et oxygène devrait être une réaction réversible dans une zone de température et pour des pressions facilement accessibles. En fait, si l'iodate se dissocie bien dès 450° C sous la pression atmosphérique, la réaction inverse de l'oxydation de l'iodure par l'oxygène est très lente, et il est impossible de s'assurer que les pressions limites atteintes par chauffage de l'iodate de potassium en vase clos, à différentes températures, sont bien les pressions d'équilibre du système.

L'élévation suffisante de la température devrait permettre de vaincre le frottement chimique, mais le mélange iodure-iodate ne tarde pas à fondre et cela complique beaucoup le phénomène. La décomposition demeure toutefois un phénomène monovariant tant qu'il reste une phase solide en présence du liquide mixte, si bien que l'on devra encore observer une tension fixe en se maintenant sur le liquidus du système. Pour pouvoir aborder l'étude thermodynamique de cette décomposition, il convenait donc tout d'abord d'établir le diagramme de fusion; c'est ce qui fait l'objet du présent travail.

En raison de la décomposition de l'iodate de potassium au cours du chauffage, la principale difficulté rencontrée dans l'établissement de ce diagramme réside dans la détermination de la composition exacte du mélange aux différentes températures où sont observés des accidents sur les courbes de refroidissement. La mesure du volume d'oxygène dégagé permet ici d'enregistrer la composition du mélange en fonction du temps, et de connaître en conséquence les compositions cherchées.

A cet effet, la fusion du mélange est effectuée dans un creuset en platine placé dans un tube en quartz fermé et en relation avec la partie supérieure d'un long tube horizontal rempli d'eau saturée d'oxgène et possédant un orifice de trop plein qui débouche dans une éprouvette graduée; un flotteur muni d'une plume de baromètre enregistreur indique sur un tambour le niveau de l'eau dans l'éprouvette et par suite le volume d'oxygène dégagé en fonction du temps. Par ailleurs, la température du mélange est enregistrée à l'aide d'un couple chromel-alumel relié à un galvanomètre enregistreur. Un agitateur

magnétique, mis en œuvre de l'extérieur, assure le brassage du mélange étudié. Un piège à neige carbonique-acétone, situé entre le tube à fusion et le débitmètre, arrête les petites quantités d'iode formées au cours de réactions secondaires.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

Moles de IK (%)....	15,2	19	25	30	32	32,5	35	36,5	40	42,5	43	43,7	47	52
Solid. commen. (°C).	543	530	525	510	505	502	495	480	475	482	490	492	505	535
Solid. finis (°C).....	457	457	457	457	457	457	457	457	457	547	457	457	457	457
Durée palier (sec.)..	6	10	12	13	13	13	14	14	21	15	15	16	14	12
Moles de IK (%)....	54,3	63,5	64,4	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Solid. commen. (°C).	543	570	580	680	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Solid. finis (°C).....	457	457	457	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Durée palier (sec.)..	12	10	10	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

L'enregistrement terminé, on procède à l'analyse du mélange refroidi. A cet effet, l'iodate restant est dosé par l'intermédiaire de l'iode libéré par addition d'un excès d'iodure et d'acide sulfurique; l'iodure présent est obtenu par la méthode d'Andrews au chlorure d'iode (¹). A l'aide de la courbe de dégagement de l'oxygène, on trouve alors aisément la composition des mélanges correspondant aux accidents de la courbe de fusion. En raison de la décomposition trop rapide de l'iodate aux températures élevées, il ne nous a pas été possible de déterminer de températures du liquidus pour des compositions plus riches en iodate que 85 %.

Il s'agit donc là d'un mélange simple à eutectique. Au-dessus du point d'eutexie, on devra donc observer : d'une part, un système monovariant où la phase condensée sera de l'iodate et pour lequel la pression d'équilibre augmentera extrêmement vite avec la température; d'autre part, un autre système également monovariant avec l'iodure de potassium comme phase condensée, et pour lequel la pression d'équilibre finira au contraire par décroître lorsque la température s'élèvera (²), ce qui donnera une région où l'on aura des chances d'observer une réaction ayant lieu à une température suffisamment élevée pour être réversible, mais donnant néanmoins des pressions d'équilibre facilement mesurables.

La courbe de fusibilité précédente permettant de déterminer les activités de l'iodure et de l'iodate le long des courbes de fusion, la mesure des pressions de dissociation permettra alors une étude thermodynamique complète de cette réaction, étude qui est impossible en dessous du point d'eutexie en raison d'un frottement chimique trop important.

Signalons enfin que la courbe de refroidissement de l'iodate de potassium

---

(¹) ANDREWS, *J. Amer. Chem. Soc.*, 25, 1903, p. 756.

(²) M. DODÉ, *Cahiers de Physique*, n° 23, 1944, p. 1.

présente un palier assez net à 150°C, ce qui semble confirmer l'existence d'une transformation allotropique signalée comme probable par A. Hettich ([3]) entre 140 et 150°C, à la suite d'une étude sur la piézoélectricité de ce sel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Protection des métaux par diffusion de chrome.* Note de M. PHILIPPE GALMICHE, présentée par M. Pierre Chevenard.

La chromisation des métaux, qui consiste à former à leur surface une couche d'alliage riche en chrome, a été étudiée par une méthode de cémentation gazeuse plus simple que les traitements habituels ([1]), ([2]), ([3]), ([4]). Le procédé envisagé ici permet d'obtenir en une seule opération des couches lisses et brillantes et, éventuellement, de former des alliages mixtes qui, outre le chrome, peuvent contenir des éléments tels que l'aluminium, le silicium ou le zirconium.

Les pièces sont chauffées, soit au contact d'un cément solide essentiellement constitué par du chrome ou du ferro-chrome pulvérisé, de l'alumine ou du kaolin et un halogénure d'ammonium, soit en phase vapeur au-dessus d'un cément de composition analogue.

La réaction sur le chrome de l'acide halogéné, provenant de la dissociation thermique de l'halogénure d'ammonium, produit une certaine quantité de l'halogénure de chrome correspondant, dont la vapeur réagit sur le métal traité



$$Fe + CrF^2 = FeF^2 + Cr.$$

Le chrome, ainsi produit à l'état naissant, diffuse continuellement à l'intérieur du métal. Avec de l'acier doux à 0,1 % de carbone, on obtient des couches de diffusion dont la teneur en chrome déterminée par analyse spectrale, après polissages électrolytiques successifs, dépasse 50 % à la surface et décroît progressivement vers l'intérieur (*fig.* 1).

Ces couches sont parfaitement unies et brillantes quand on effectue le traitement en phase gazeuse en utilisant le fluorure d'ammonium. Leur épaisseur utile, correspondant à la zone tenant plus de 13 % Cr, peut atteindre $0^{mm},1$ après 3 heures à 1000° et $0^{mm},25$ après 6 heures à 1100°. A partir des épaisseurs obtenues en des temps différents à différentes températures, on déduit les constantes de diffusion du chrome dans le fer : $D.10^{-5}\ cm^2.\ d.10^{-1} = 2.10^{-4}$ à 1000°, $5{,}3.10^{-4}$ à 1100° et $1{,}1.10^{-3}$ à 1200°. Ces valeurs sont supérieures à

([3]) *Z. Phys.*, 65, 1930, p. 509.

([1]) J. LAISSUS, *Revue de Métallurgie*, 23, 1926, p. 155.

([2]) F. STEINBERG, *Metalloberfläche*, 3, 1947, p. 58-62.

([3]) I. CAMPBELL, *J. Electroch. Society*, 96, 1949, p. 262-273.

([4]) N. GORBUNOV, *C. R. Acad. Sc. U.R.S.S.*, (Koklady) 51, 1946, p. 285-287.

celles qui ont été déterminées par diffusion entre solides, désaccord dû sans doute au contact parfait du chrome apporté à l'état naissant sur le fer.

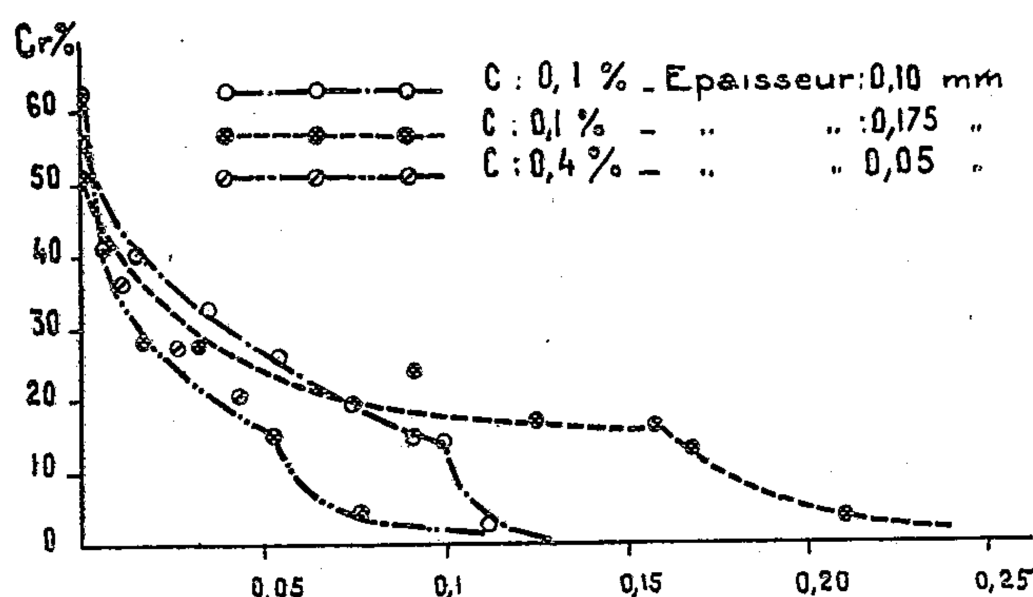


Fig. 1. — Variation de la teneur en chrome avec la profondeur.

Les couches chromisées sont ductiles et légèrement plus dures que le métal de base (*fig.* 2). Leur résistance est parfaite à l'égard de l'acide nitrique à toutes concentrations; elles résistent également de manière remarquable à l'oxydation sèche, à la corrosion par les gaz de combustion et au choc ther-

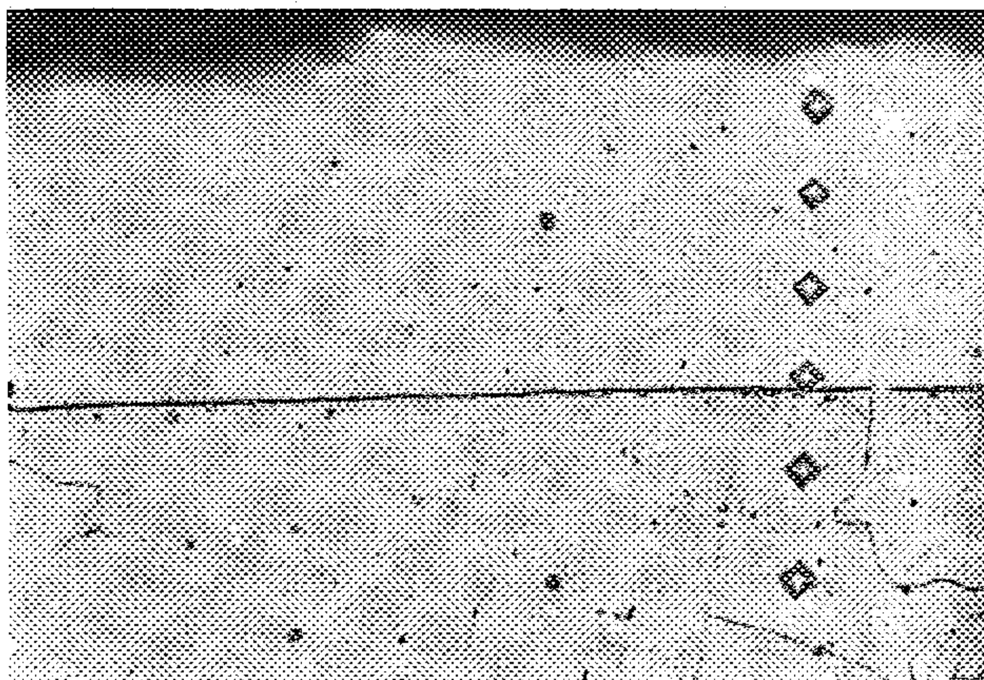


Fig. 2. — Structure et répartition de la dureté (empreintes Bückle) sur une section d'acier doux chromisé. Le réactif nitrique laisse sans attaque les zones à teneur en chrome supérieure à 13 %, seuil de corrosion indiqué par Tammann et par Portevin.

mique jusqu'à 900°. Elles apportent, en outre, une bonne protection contre la corrosion saline. Sur les aciers fortement carburés et sur les fontes, les couches de diffusion obtenues sont plus minces, mais beaucoup plus dures que sur l'acier doux.

Le traitement s'applique, dans des conditions analogues, à différents métaux: nickel, cobalt, etc., à des alliages tels que les nickel-molybdène appelés

hastelloys, et même, mais à température beaucoup plus élevée : 1 500° à 1 600°, au molybdène et au tungstène.

En ajoutant au cément du silicium, de l'aluminium ou les deux éléments à la fois, on peut réaliser des cémentations mixtes, l'halogénure de l'élément envisagé étant libéré et réagissant progressivement quel que soit son degré de volatilité. De tels traitements mixtes permettent d'accroître considérablement l'épaisseur des couches cémentées, même sur aciers à teneur élevée en carbone et de relever sensiblement la température d'utilisation pratique, qui s'élève à 1 050° pour les couches diffusées au chrome-aluminium et 1 100° pour les couches au chrome-aluminium-silicium.

Dans tous les cas, comme dans la calorisation, c'est-à-dire la cémentation par l'aluminium([5]), les couches obtenues peuvent subir un traitement ultérieur de nitruration qui, tout en améliorant leur résistance chimique, leur confère une dureté équivalente à celle qu'on obtient avec les aciers spéciaux de nitruration.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mutarotation des sucres.*
Note de Mme **Andrée de Grandchamp**, transmise par M. Maurice Javillier.

L'étude de la mutarotation des corps actifs en solution sur la lumière polarisée a conduit, notamment en ce qui concerne le glucose et le fructose, à considérer le phénomène comme une réaction du premier ordre, et cela quel que soit le solvant. La preuve qu'en donnent les auteurs réside dans l'invariabilité, au cours du temps, de l'expression $(1/t)\log(\rho_0-\rho_\infty)/(\rho_t-\rho_\infty)$, où ρ_0, ρ_∞ et ρ_t représentent respectivement la rotation initiale, la rotation finale et la rotation au temps t. Or, cette quantité ne reste pas rigoureusement constante et il importe de savoir si les écarts entre sa valeur moyenne et celles qu'elle prend à chaque instant sont compatibles ou non avec les erreurs expérimentales.

Il nous a paru intéressant de reprendre la question en présentant les calculs d'une façon différente, suivant une méthode mise au point par R. de Grandchamp. Nous admettrons, d'après les idées actuelles, qu'une solution à l'état stable, de glucose par exemple, contient un mélange équilibré des formes α et β de ce sucre. Si a est le pourcentage initial en glucose α, x la quantité transformée au temps t en glucose β, on a

$$\frac{dx}{dt}=k_1(a-x)-k_2x.$$

k_1 et k_2 étant les coefficients de vitesse de la transformation du glucose α en glucose β et de la transformation inverse. Si l'on intègre en tenant compte des

([5]) J. D. Venturini, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 118-120.

conditions initiales, on obtient

$$x = \frac{k_1 a}{k_1 + k_2}[1 - e^{-(k_1+k_2)t}],$$

d'où l'on déduit, par un calcul classique,

$$\log(\rho_t - \rho_\infty) = A - Bt.$$

A et B étant des constantes qui dépendent des conditions expérimentales, température, nature du solvant, etc.

Si donc on porte t en abscisses et $\log(\rho_t - \rho_\infty)$ en ordonnées, on doit obtenir une droite. Dans les expériences ci-dessous, relatives au glucose et au fructose en solution aqueuse, nous avons déterminé la droite passant le mieux par les points expérimentaux, ce qui revient à résoudre un système de n équations à deux inconnues et nous avons comparé les valeurs expérimentales et les valeurs calculées de ρ_t.

I. *Glucose* : 7,2%, $l = 2^{dm}$, $\lambda = 5890$, $\theta = 20°$.
Valeurs calculées : A = 0,92877353, B = 0,59279035.

Temps (unité 10^{min}).	ρ_{exp}.	ρ_{cal}.	$\rho_{exp} - \rho_{cal}$.	Temps (unité 10^{min}).	ρ_{exp}.	ρ_{cal}.	$\rho_{exp} - \rho_{cal}$.
1.....	15°	15°,024	-0°,024	9.....	10°,08	10°,105	-0°,025
2.....	14,06	14,080	-0,020	10.....	9,78	9,788	-0,008
3.....	13,24	13,256	-0,016	11.....	9,52	9,511	+0,009
4.....	12,54	12,536	+0,004	12.....	9,26	9,270	-0,010
5.....	11,94	11,909	+0,031	13.....	9,06	9,059	+0,001
6.....	11,40	11,362	+0,038	14.....	8,88	8,876	+0,004
7.....	10,90	10,885	+0,015	–	–	–	–
8.....	10,46	10,468	-0,008	–	7,62	–	–

II. *Fructose* : 12% *environ*, $l = 3^{dm}$, $\lambda = 5890$, $\theta = 13°,5$.
Valeurs calculées : A = 1,11462406, B = 0,03087319.

Temps (minutes).	ρ_{exp}.	ρ_{cal}.	$\rho_{exp} - \rho_{cal}$.	Temps (minutes).	ρ_{exp}.	ρ_{cal}.	$\rho_{exp} - \rho_{cal}$.
4.....	-42°,80	-42°,998	+0°,198	32.....	-34°,54	-34°,539	-0°,001
8.....	-40,58	-40,573	+0,033	36.....	-34,20	-34,207	+0,007
12.....	-38,76	-38,748	-0,012	40.....	-33,96	-33,958	-0,002
16.....	-37,34	-37,375	+0,045	44.....	-33,78	-33,770	-0,010
20.....	-36,30	-36,341	+0,041	48.....	-33,64	-33,629	-0,011
24.....	-35,54	-35,564	+0,024	–	–	–	–
28.....	-35,00	-34,979	-0,021	–	-33,20	–	–

L'accord entre les valeurs expérimentales et les valeurs calculées de ρ_t est tout à fait satisfaisant et la méthode semble suffisamment précise pour permettre de déceler les anomalies qui ne manqueraient pas de se produire dans le cas d'un corps pour lequel la mutarotation pourrait ne pas être une simple réaction du premier ordre.

Nous avons donc étudié la loi suivant laquelle une solution aqueuse de galactose atteint son équilibre optique. Voici une expérience entre autres.

III. *Galactose :* 4,5 % environ, $l = 2^{dm}$, $\lambda = 5890$, $\theta = 16^{o}$.
Valeurs calculées : A = 0,6800288, B = 0,0609719.

Temps (unité 10^{min}).	ρ_{exp}.	ρ_{calc}.	$\rho_{exp} - \rho_{calc}$.	Temps (unité 10^{min}).	ρ_{exp}.	ρ_{calc}.	$\rho_{exp} - \rho_{calc}$.
1........	11°,12	10°,960	+0°,015	10.......	7°,96	7°,976	−0°,016
2........	10,42	10,415	+0,005	11.......	7,80	7,822	−0,022
3........	9,94	9,941	−0,001	12.......	7,68	7,688	−0,008
4........	9,52	9,529	−0,009	13.......	7,58	7,572	+0,008
5........	9,16	9,172	−0,012	14.......	7,48	7,471	+0,009
6........	8,84	8,861	−0,021	16.......	7,32	7,306	+0,013
7........	8,58	8,591	−0,011	−.......	−	−	−
8........	8,36	8,357	+0,003	−.......	−	−	−
9........	8,16	8,153	+0,007	−.......	6,80	−	−

Ici, comme précédemment, les différences $\rho_{exp} - \rho_{calc}$, tantôt positives, tantôt négatives, sont inférieures aux erreurs expérimentales, et nous n'avons pas retrouvé l'anomalie signalée par Hudson et Dave [1], d'abord, puis par d'autres auteurs [2], dans la mutarotation du galactose.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Étude de catalyseurs diamagnétiques par dépôts d'oxydes paramagnétiques.* Note (*) de Mme **Georges Rodier** et M. **Georges Rodier**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une série de mémoires récents, P. W. Selwood [1] étudie avec beaucoup de soin des phénomènes de dilution magnétique présentés par les oxydes de métaux de transition. Cet auteur imprègne des échantillons identiques d'alumine avec des nitrates de nickel, chrome, manganèse, etc. Après un certain temps de contact, le mélange est filtré, et le solide est séché puis calciné. Le nitrate se transforme en l'un des oxydes du métal, suivant la température de calcination.

Par ce procédé, P. W. Selwood a pu obtenir de nombreux renseignements sur la structure des oxydes ainsi déposés à la surface de l'alumine. Nous avons alors tenté d'étudier, non plus les dépôts paramagnétiques réalisés, mais l'alumine sous-jacente. Nous pensions pouvoir classer ainsi différents échantillons d'alumine suivant leurs propriétés adsorbantes, et établir une relation entre ces résultats et l'activité catalytique des échantillons.

---

(1) *Journ. Am. Chem. Soc.*, **39**, 1917, p. 320.

(2) Smith et Lowry, *Journ. Chem. Soc. London*, 1928, p. 666; Ruber et Missaas, *Ber.*, **59**, 1926, p. 2666; Schlubach et Prochownick, *Ber.*, **62**, 1929, p. 1502.

(*) Séance du 14 décembre 1949.

(1) *C. R. du Congrès de la polarisation de la matière*, 1949.

Les résultats décrits ici ont été obtenus avec le nitrate de manganèse, déposé sur deux alumines, l'une très activée (A), l'autre très peu active (B). Les pH de leurs suspensions dans l'eau étaient identiques à 0,1 unité près au moins On a préparé une série de solutions de nitrate de manganèse de molarités variables (de 0,5 à 4 environ); les imprégnations ont été faites dans un grand excès de chaque solution. Le mode opératoire est celui qu'indique P. W. Selwood : après 15 heures de contact, on décante, on filtre à la trompe, on sèche à 150° pendant 48 heures, on réduit en poudre, puis on chauffe pendant 24 heures à 200°.

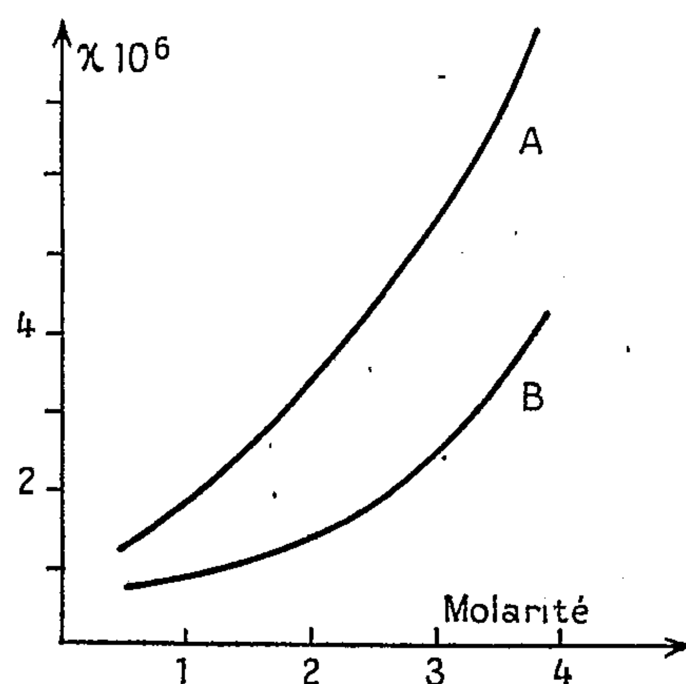


Fig. 1.

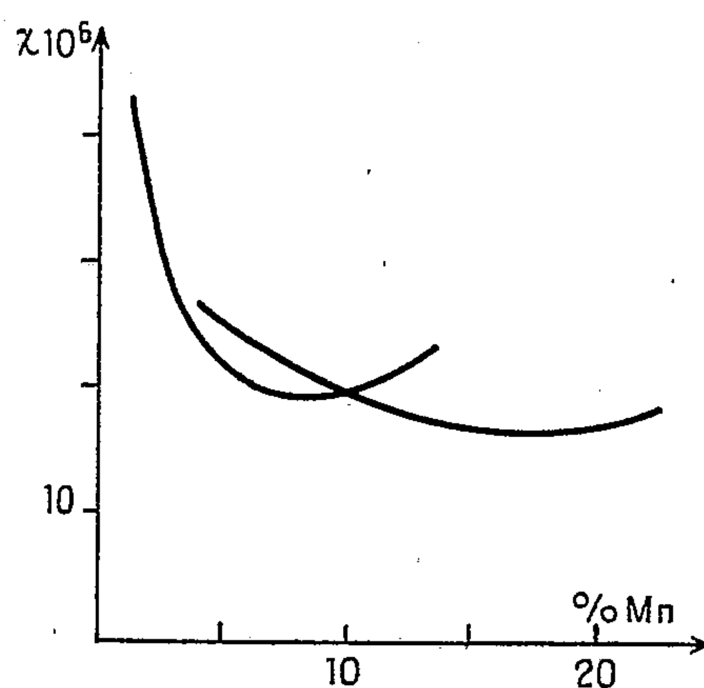


Fig. 2.

Si nous portons en ordonnées la susceptibilité spécifique des alumines imprégnées, et en abscisses la molarité des solutions de nitrates, nous obtenons les deux courbes ci-dessus, d'où l'on déduit sans difficulté des renseignements sur le pouvoir absorbant de chaque échantillon.

D'autre part, des isothermes de susceptibilité, obtenues en portant en ordonnées la susceptibilité spécifique de l'oxyde de manganèse déposé sur l'alumine et en abscisses le pourcentage de manganèse, en poids, dans l'échantillon, mettent en évidence, d'une façon très nette, un point *l* au sens de Selwood, l'un aux environs de 8 % (B) et l'autre vers 19 % (A) de manganèse.

D'autres expériences, conduites avec des alumines d'activité intermédiaire, ont donné des courbes s'échelonnant entre (A) et (B).

Ce fait est évidemment en relation avec la surface spécifique de chaque alumine. Mais, dans les deux cas, le calcul montre aisément que la couche d'oxyde ne peut être répartie également sur toute la surface de l'alumine. On ne peut pas trancher d'une manière certaine entre les hypothèses émises par Selwood et par Néel; néanmoins, le déplacement du point *l*, difficilement compatible avec l'existence de noyaux de MnO_2 disséminés à la surface de l'alumine,

s'explique aisément si l'on admet une dispersion de manganèse dans un réseau d'atomes d'oxygène. Des phénomènes analogues se présentent avec d'autres catalyseurs diamagnétiques, ou d'autres oxydes.

Ainsi, et sans faire d'hypothèses sur la structure des dépôts d'oxydes, nous avons mis au point une méthode permettant de classer aisément, par des mesures magnétiques, divers échantillons de catalyseurs diamagnétiques, suivant leur pouvoir adsorbant, leur surface spécifique et leur activité. Nous indiquerons prochainement les précisions que l'on peut tirer de la connaissance des moments magnétiques et des constantes de Weiss.

STRUCTURES MOLÉCULAIRES. — *Moment électrique et diagramme moléculaire de l'acénaphtène*. Note (*) de M. **Henry Lumbroso**, présentée par M. Paul Pascal.

Il y a quelque temps nous avons publié le moment électrique de l'acénaphtène (*fig.* 1) : μ à 20° en solution benzénique = 0,97 D ([1]). Nous faisions

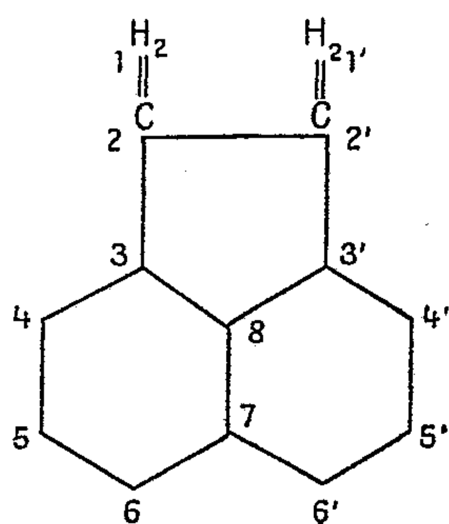
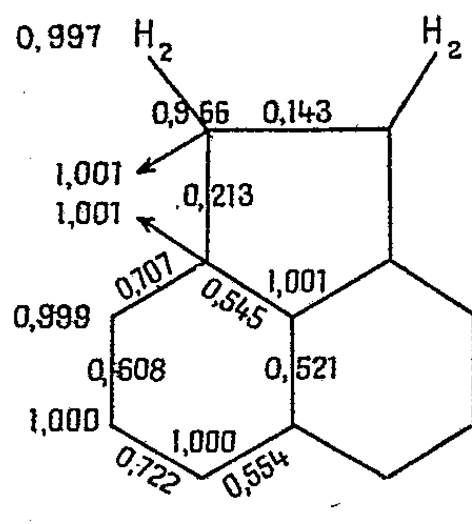


Fig. 1.



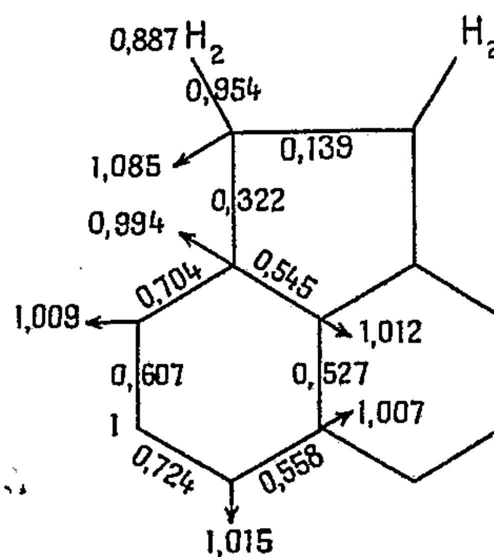


Fig. 2.

pressentir alors l'intérêt qu'il y aurait à construire le diagramme des charges de cette molécule. En effet la stéréochimie classique supposant les électrons de valence localisés suivant les liaisons laisse prévoir un moment très faible, en désaccord avec notre mesure. Le moment de ce corps résulte essentiellement de la délocalisation des électrons π des liaisons multiples et des électrons σ des liaisons $C = H_2$ (théorie de l'hyperconjugaison).

Pour la construction de ce diagramme, nous avons utilisé la méthode des orbitales moléculaires (O. M.) dans le cadre de l'approximation classique (L. C. A. O.). A chaque électron mobile est associée une orbitale moléculaire que l'on suppose être une combinaison linéaire des orbitales atomiques.

(*) Séance du 14 décembre 1949.

([1]) H. Lumbroso, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1425.

Les fonctions d'onde sont supposées orthogonales. On a négligé les intégrales d'échange entre deux atomes non adjacents ainsi que les intégrales de recouvrement.

Nous avons adopté pour les intégrales d'échange $\beta_{ij}=\int\varphi_i^* H\varphi_j d\tau$ les nombres (²)

$$\beta_{12}=2\beta, \quad \beta_{22'}=0,6\beta, \quad \beta_{23}=0,7\beta, \quad \beta_{34}=\ldots=\beta.$$

Par analogie avec ce qui se passe pour le cyclopentadiène-1.3 (²) (³), où l'hyperconjugaison seule des CH_2 avec le cycle produit un déplacement notable de charge (donnant lieu à un moment de 0,4 D.), nous avons construit un premier diagramme moléculaire (*fig.* 2) en négligeant l'effet inductif des $C=H_2$.

Le moment calculé d'après ce diagramme est négligeable (0,03 D). Ce qui peut s'expliquer (³). Devant ce résultat négatif, nous avons construit un deuxième diagramme (*fig.* 2) en tenant compte de l'effet inductif. Les intégrales coulombiennes utilisées sont les mêmes que celles adoptées pour la construction du toluène. Les intégrales d'échange sont les mêmes que pour le diagramme (1),

$$\alpha_1=\int\varphi_1^* H\varphi_1\, d\tau=\alpha-0,5\beta,$$
$$\alpha_2=\int\varphi_2^* H\varphi_2\, d\tau=\alpha-0,1\beta,$$
$$\alpha_i=\int\varphi_i^* H\varphi_i\, d\tau=\alpha.$$

Le moment calculé sur le diagramme est 1,5D. en assez bon accord avec notre détermination : $\mu\neq 1$ D ($\mu_{gaz}=1,1$ $\mu_{sol}=1,1$ D). L'écart entre μ_{obs} et μ_{calc} est dû aux approximations habituelles du calcul et à l'incertitude sur les paramètres β_{ij} et α_i. La méthode, en majorant la contribution des schémas ioniques, conduit naturellement à un moment un peu élevé. Enfin le moment ainsi calculé est le seul moment π, le petit moment résultant de la polarisation des électrons σ des liaisons ne pouvant être atteint par cette méthode.

Les indices de liaison sont en assez bon accord avec les distances interatomiques déterminées aux rayons X (⁴), (⁵). Du point de vue chimique, les sommets réactifs sont ceux qui ont la plus forte charge, c'est-à-dire les carbones 4-4′ et 6-6′ (⁶), ce qui est en accord avec tout ce que l'on sait de la chimie de cette molécule, les sommets 6-6′ étant plus réactifs que les sommets 4-4′. La méthode de mésomérie indiquait des faits semblables (⁷). La liai-

(²) G. Berthier et B. Pullman, *Bull. Soc. chim. France*, 457, (sept., oct. 1949).

(³) G. Berthier, H. Lumbroso et B. Pullman, *ibid.* (nov.-déc. 1949).

(⁴) Barnejee et Sinha, *J. Indian. Physics*, 11, 1921, p. 21.

(⁵) Kitaggorodsky, *Zh, fiz. Khim. U. R. S. S.*, 21, 1947, p. 1085.

(⁶) Elsevier, 13, p. 133-135; *cf.* aussi Buu-Hoï, Cagniant et Royer, *Rec. Trav. Chim. P. B.*, 68, 1949, p. 473.

(⁷) Buu-Hoï et R. Daudel, *ibid.*, 65, 1946, p. 731.

son 2-2'($p_{22'} = 0,139$) presque simple ne résonne pratiquement pas avec le cycle. C'est là un fait particulièrement intéressant qui montre que ce corps se comporte à peu près comme le diméthyl-1.8-naphtalène : même comportement chimique, moments électriques comparables (μ diméthyl-1.8-naphtalène $= 2\,\mu_{toluène} = 0,8$ D); analogies des spectres d'adsorption ultraviolette[8].

CHIMIE MINÉRALE. — *Combustion du magnésium en poudre dans l'oxygène.* Note de M. **Hubert Scartazzini**, présentée par M. Louis Hackspill.

Poursuivant un travail exposé dans une Note précédente [1], nous avons étudié la flamme du magnésium en poudre dans l'oxygène. La poudre (passée au tamis 100) est débitée à raison de 16 g/min; le débit d'oxygène théorique est de 7,5 l/min. Dans ces conditions, la combustion est complète.

La flamme magnésium-oxygène s'étale sur une quinzaine de centimètres et est d'un blanc éblouissant. La magnésie formée constitue un nuage de particules cristallisées dont les dimensions, données par microphotographie électronique, sont comprises entre $0^{\mu},02$ et $1^{\mu},5$.

L'étude spectrographique de la flamme, entre 6500 et 2500 Å montre l'existence, dans tout ce domaine spectral, d'un fond continu sur lequel apparaissent : le doublet de Na; le triplet 5183, 5173, 5167 de mg; la bande, commençant à 5007 Å et dégradée vers les courtes longueurs d'onde, de MgO; la raie 4571 de Mg; le triplet 3838, 3832, 3829 de Mg; le groupe 3726-3721 de Mg signalé seulement jusqu'ici par Eder et Valenta [2]; ces deux derniers groupes sont diffus; enfin la raie 2852 de Mg, qui présente le phénomène du renversement spontané.

Des pointés directs au pyromètre optique ont donné, en lumière rouge ($\lambda = 0^{\mu},665$), la répartition suivante des températures de brillance, avec une erreur inférieure à 30°.

A 2cm au-dessus de la base de la flamme............	2480°C
4 » »	2210
6 » »	2060
8 » »	1890
10 » »	1800
13 » »	1650

En appliquant la méthode de Kurlbaum [3], avec, comme source auxiliaire,

(8) Klevens et Platt, *J. of Chem. Physics*, **17**, 1949, p. 470.

(1) Cueilleron et Scartazzini, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 489.

(2) *Atlas typischer Spektren* (1re édition).

(3) *Phys. Zeits.*, **3**, 1902, p. 187.

le cratère positif d'un arc électrique, dont le rayonnement est réduit par un secteur tournant, nous avons déterminé les températures vraies, avec une erreur inférieure à 40° :

A	2cm au-dessus de la base de la flamme............	2500°C
4	» »	2225
6	» »	2075
8	» »	1900
10	» »	1810

La méthode de mesure employée permet de montrer que le facteur d'émission de la flamme est, aux erreurs d'expérience près, constant le long de celle-ci et égal à 0,95.

La méthode de Kurlbaum supposant que la loi de Kirchhoff est applicable, nous avons effectué les mêmes mesures en lumière verte, avec un écran dont la longueur d'onde effective varie, selon la température mesurée, entre 0,535 et 0,540 μ. Les températures de brillance observées sont, à 40° près :

A	2cm au-dessus de la base de la flamme............	2620°C
4	» »	2460
6	» »	2320
8	» »	2225
10	» »	2030
13	» »	1760

En appliquant en lumière verte la méthode de Kurlbaum, nous avons déterminé des températures vraies extrêmement voisines de ces températures de brillance; cela montre que, dans le vert, le facteur d'émission de la flamme est très peu différent de 1.

L'écart entre les résultats obtenus dans le rouge et le vert, pour les températures vraies, s'explique en considérant que la flamme émet une bande et plusieurs raies dans le domaine de transmission spectrale de l'écran vert (4700-5600 Å). Cela posé, on voit que l'accord entre les deux séries de mesures est suffisant pour affirmer que les températures vraies sont bien celles qu'on a déterminées pour $\lambda = 0{,}665\ \mu$, l'écran rouge ne laissant passer que des radiations correspondant au fond continu du spectre.

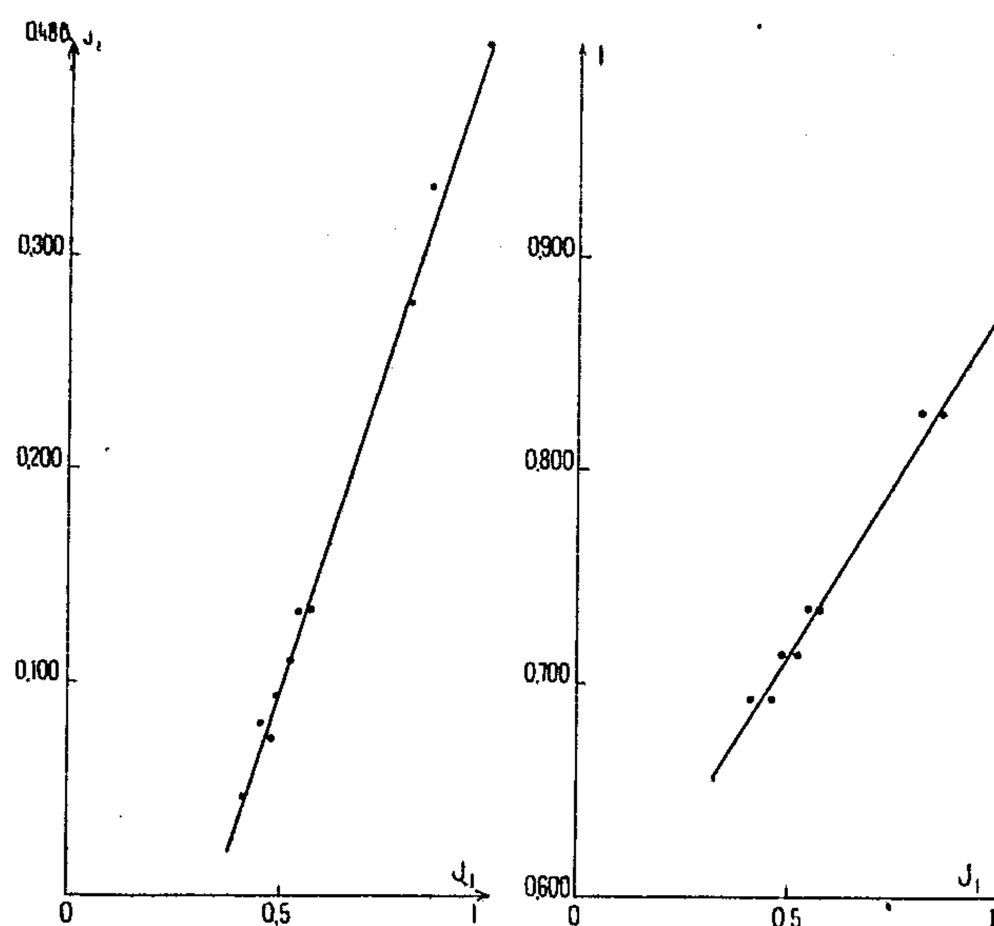
La température de couleur, que nous calculons à partir des températures de brillance pour les deux longueurs d'onde, est en bon accord avec la valeur mesurée par Eder (4) par voie photométrique, soit environ 4000°K.

(4) *Z. Wiss. Phot.*, 27, 1930, p. 342.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Application de la méthode des états de spin à l'étude des complexes intermédiaires.* Note de Mme **Pascaline Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

On a étudié l'effet sur une molécule organique conjuguée d'une substitution par un atome donnant une liaison σ et possesseur d'un électron π capable d'interagir avec les autres électrons π de la molécule.

Les calculs ont été effectués à l'aide de la méthode des états de spin dans le cadre de l'approximation de Vroélant et Daudel (1). Nous avons donc supposé que l'électronégativité de l'atome substituant était égale à celle du carbone.



Le tableau suivant donne l'indice de valence libre J_2 du sommet porteur du substituant et l'indice de liaison I de la liaison reliant le substituant à la molécule, en fonction de l'indice de valence libre J_1 qui caractérisait ce même sommet, avant la substitution.

Ce tableau confirme l'existence d'une relation (2) entre I et J_1 et montre, de plus, l'existence d'une relation entre J_2 et J_1.

Dans le cadre de l'approximation utilisée, les deux relations sont sensiblement linéaires (*fig.* 1).

---

(1) *Bull. Soc. Chim. de France*, 16, 1949, p. 36, 217; *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 399.

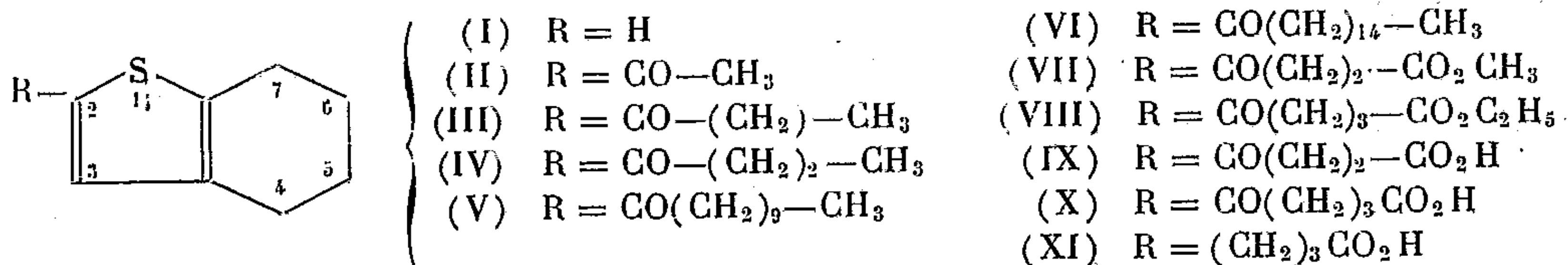
(2) Cette relation est suggérée par la méthode de la mesomérie (*Voir* à ce sujet, par exemple, la mise au point de Daudel et Martin, *Bul. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 559 et l'article de Pullman, Rumpf et Kieffer, *Colloque sur les réactions d'échange* 1948, p. 13).

Sommet ayant subi la substitution.	J_1.	J_2.	I.
β du naphtalène	0,418	0,045	0,692
β du benzène	0,458	0,080	0,692
Méso du phénanthrène	0,482	0,073	0,714
α du stilbène	0,497	0,093	0,714
α du naphtalène	0,522	0,109	0,714
α du triphényléthylène	0,547	0,132	0,735
Méso de l'anthracène	0,570	0,133	0,735
β du styrolène	0,809	0,289	0,827
1 du butadiène	0,855	0,333	0,827
1' du méthylène 3-pentadiène-1-4	0,990	0,400	0,873

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude du tétrahydro-4.5.6.7 thionaphtène.* Note de M. **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il est bien connu que l'on ne peut hydrogéner catalytiquement le thionaphtène par suite de la présence dans cette molécule d'un atome de soufre hétérocyclique. Par une méthode non catalytique, Fricke et Spilker ([1]) ont pu hydrogéner partiellement le thionaphtène et obtenir, à côté d'O-éthylthiophénol, du dihydro-2.3 thionaphtène ou thiacoumarane. Nous avons préparé le tétrahydro-4.5.6.7 thionaphtène (I) par réduction, selon la méthode de Clemmensen-Martin, du céto-4 tétrahydro-4.5.6.7 thionaphtène de Fieser et Kenelly ([2]).

Le corps (I) ainsi obtenu se condense facilement, par réaction de Friedel-Crafts (en employant Cl_3Al comme catalyseur) avec les chlorures des acides suivants : acétique, propionique, butyrique, undécoïque et palmitique. Dans tous ces cas nous n'avons obtenu qu'une cétone univoque en position 2, (II), (III), (IV), (V), (VI), ce qui rapproche nettement le composé (I) du thioxène-2.3 et le différencie du thionaphtène. Ce dernier en effet donne par la même réaction un mélange de deux cétones où le dérivé-3 substitué prédomine ([3]). Avec les chlorure-esters succinique et glutarique nous avons obtenu de même les esters cétoniques (VII) et (VIII) et par suite les acides correspondants (IX) et (X). Par réduction de l'acide cétonique (IX) on accède facilement à l'acide (XI).



([1]) *Ber. deutch. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 24 et 1589.
([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1615.
([3]) Buu-Hoï et P. Cagniant, *Rec. Tr. Chim. Pays-bas*, 67, 1948, p. 64.

Description des corps nouveaux obtenus. — 1° (I) $C_8H_{10}S$, $É_{19}$ 97°, d_4^{20} 1,090, n_D^{20} 1,5572, liquide incolore d'odeur pétrolée (RM calculée 41,07, trouvée 40,79, en prenant comme valeur de l'incrément du soufre 7,26). Avec Cl_2Hg en solution alcoolique (I) donne un composé caractéristique et reproductible fondant instantanément à 228°, cristaux incolores (alcool).

2° Acétyl-2 tétrahydro-4.5.6.7 thionaphtène (II) $C_{10}H_{12}OS$, $É_{22}$ 177-178°, liquide incolore ne cristallisant pas; oxime $C_{10}H_{13}ONS$, F 154°, cristaux incolores (alcool); semicarbazone $C_{11}H_{15}ON_3S$, $F_{inst.}$ 266°, cristaux incolores (alcool).

3° Cétone (III) $C_{11}H_{14}OS$, $É_{22}$ 189°, liquide incolore; semicarbazone $C_{12}H_{17}ON_3S$, $F_{inst.}$ 275°, petits cristaux incolores (alcool).

4° Cétone (IV) $C_{12}H_{16}OS$, $É_{23}$ 199-200°, huile incolore; semicarbazone $C_{13}H_{19}ON_3S$, $F_{inst.}$ 245°, cristaux incolores (alcool).

5° Cétone (V) $C_{19}H_{30}OS$, $É_{18,5}$ 258°, huile visqueuse ne cristallisant pas à 0°; semicarbazone $C_{20}H_{33}ON_3S$, $F_{inst.}$ 156°, paillettes brillantes incolores (alcool).

6° Cétone (VI) $C_{24}H_{40}OS$, $É_{19}$ 300°, huile visqueuse cristallisant, F 30°, cristaux onctueux (éther de pétrole); semicarbazone $C_{25}H_{43}ON_3S$, F 119°, fines aiguilles incolores (alcool).

7° Ester (VII) $C_{13}H_{16}O_3S$, $É_{15}$ 232°, F 73°, paillettes brillantes incolores (éther de pétrole); acide correspondant (IX) $C_{12}H_{14}O_3S$, F 127°, fines aiguilles incolores (benzène-éther de pétrole); acide γ-(tétrahydro-4.5.6.7 thionaphtényl-2)-butyrique (XI) $C_{12}H_{16}O_3S$, $É_{16}$ 228°, F 60°, paillettes incolores (éther de pétrole).

8° Ester (VIII) $C_{15}H_{20}O_3S$, $É_{13}$ 245°, F 50°, cristaux incolores (éther de pétrole); acide γ-(tétrahydro-4.5.6.7 thionaphténoyl-2)-butyrique correspondant (X) $C_{13}H_{16}O_3S$, F 113°, aiguilles incolores feutrées (benzène-éther de pétrole).

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Structure des cristaux d'acide nitrique à une molécule d'eau.* Note de M. **Victorio Luzzati**, présentée par M. Charles Mauguin.

$HNO_3.H_2O$ cristallise à −37°,7 C. Nous avons préparé et manipulé les cristaux selon la technique déjà utilisée pour HNO_3 ([1]).

Nous avons enregistré les diagrammes de Weissenberg des trois équateurs et de quelques strates.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1349.

La maille élémentaire est définie par les trois translations élémentaires

$$a = 5,44 \pm 0,02 \text{ Å},$$
$$b = 8,69 \pm 0,02 \text{ Å},$$
$$c = 6,31 \pm 0,01 \text{ Å}.$$

La maille contient 4^{mol} $HNO_3 . H_2O$.

Le cristal appartient au système orthorhombique, groupe de symétrie $P_{nc} - C^9_{2v}$.

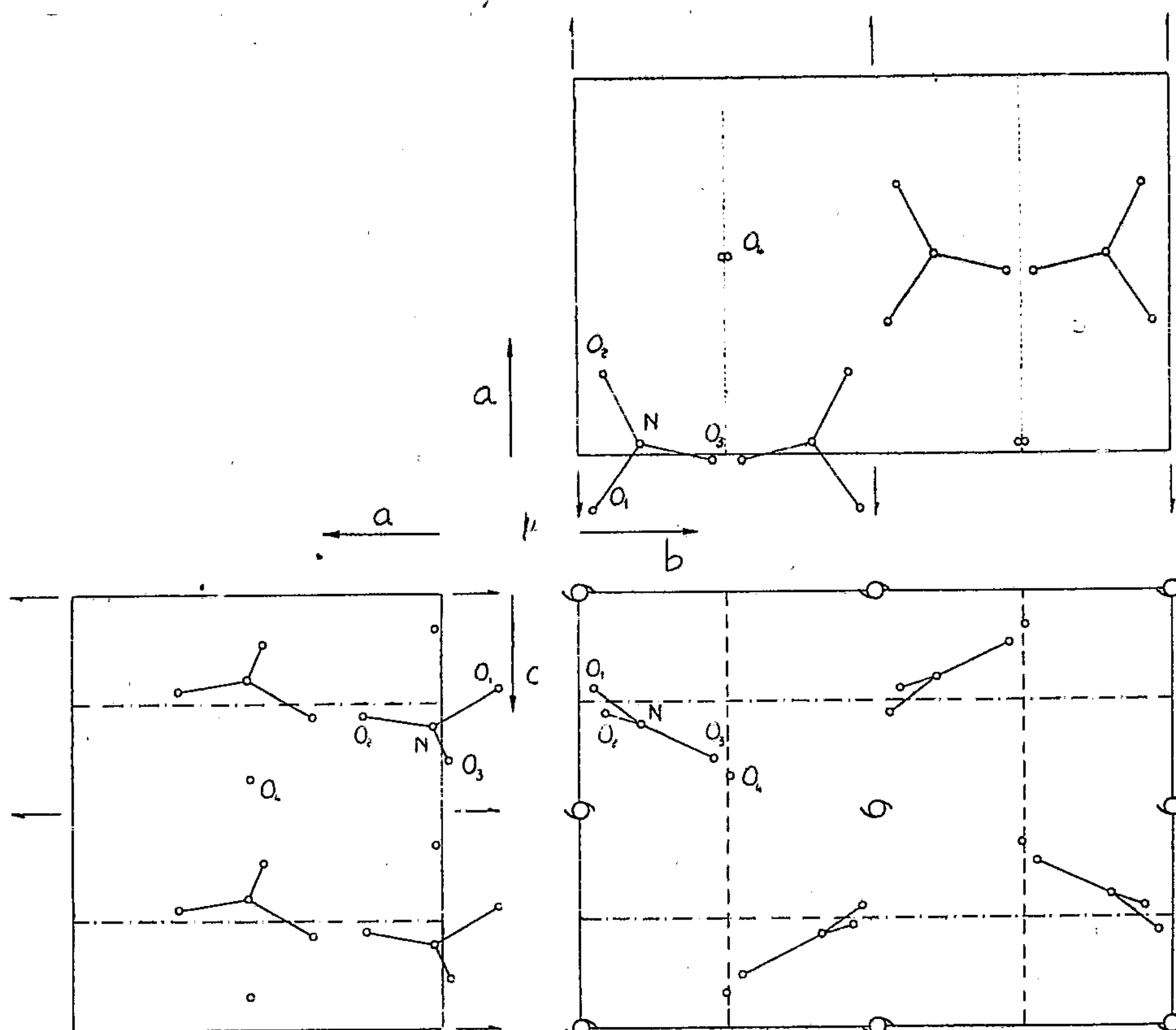


Fig. 1.

Nous avons déterminé la position des atomes dans la maille élémentaire par les trois projections de la fonction de Patterson et par les projections de la densité électronique. La maille élémentaire est représentée dans la figure 1, avec l'emplacement des éléments de symétrie et la position des atomes.

Les coordonnées des atomes sont portées sur le tableau suivant :

	O_1.	O_2.	O_3.	O_4.	N.
$\frac{x}{a}$	$\overline{0,152}$	225	$\overline{017}$	520	027
$\frac{y}{b}$	023	040	225	253	098
$\frac{z}{c}$	217	278	383	423	302

Tous les atomes d'hydrogène sont engagés dans des liaisons hydrogène, qui lient l'oxygène de H_2O aux trois oxygènes de HNO_3 qui l'entourent. La configuration d'un oxygène de H_2O, avec les trois molécules HNO_3 qui lui sont

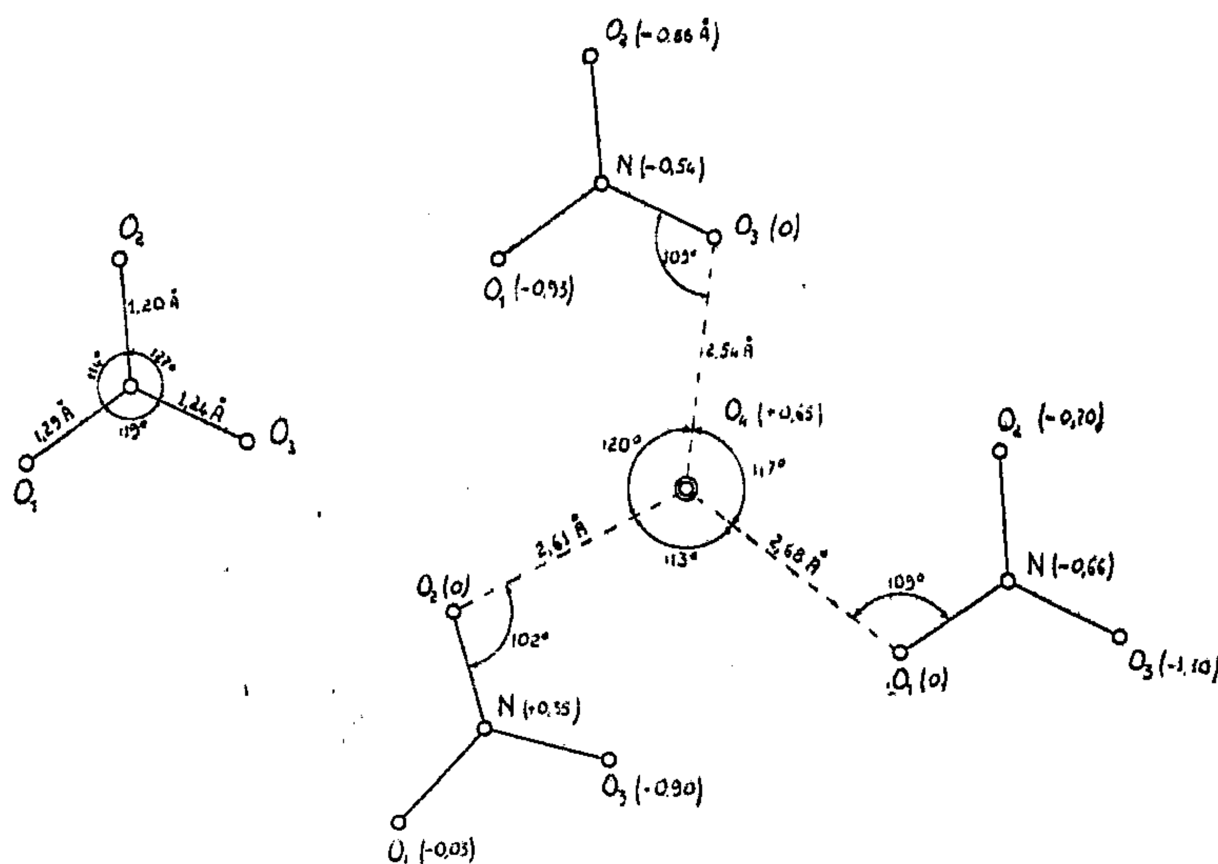


Fig. 2.

attachées, est représentée dans la figure 2. Sur cette même figure, nous avons porté les longueurs des liaisons, la valeur des angles de valence et, entre parenthèses, la cote des atomes par rapport au plan défini par les trois atomes d'oxygène liés à l'oxygène de H_2O.

MINÉRALOGIE. — *Réalisation de la synthèse des arseniures de cuivre par frittage.* Note de MM. **Joseph Bolfa**, **Robert Pastant** et **Marcel Roubault**, présentée par M. Charles Mauguin.

Poursuivant nos expériences de synthèse de minéraux par compression des poudres de leurs constituants à des températures inférieures au point de fusion [1], nous avons cherché à réaliser la synthèse des arséniures de cuivre et en particulier celle de la domeykite Cu_3As.

A cet effet, nous avons pris du cuivre obtenu par réduction de l'oxyde de cuivre par l'hydrogène et de l'arsenic passés au tamis 200 et mélangés dans les proportions de la domeykite. La pastille du mélange, obtenue à l'aide d'une presse Brinell à une pression de 1000 kg/cm², a été placée dans un four électrique à tube cylindrique vertical. Ce four a été maintenu à une température comprise entre 350 et 400° C pendant 20 jours tandis que la pression exercée sur la pastille était de l'ordre de 500 kg/cm².

(1) J. Bolfa, R. Pastant et M. Roubault, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1739-1740.

Après sciage de la pastille suivant un diamètre, sertissage d'une des moitiés dans la gomme laque et polissage, nous avons fait un examen au microscope métallographique polarisant.

Les propriétés optiques sont les mêmes que celles données par un échantillon de domeykite de Houghton (Michigan U. S. A.) de la collection du Muséum National d'Histoire Naturelle ([2]).

En particulier, le pouvoir réflecteur pour la lumière blanche mesuré par la méthode photoélectrique est de 0,51, c'est-à-dire identique à celui mesuré par Moses et Folinsbee ([3]).

De plus, le diagramme Debye-Scherrer est également le même.

On connaît dans la nature d'autres arséniures de cuivre (whitneyite Cu_9 As, Algodonite Cu_6 As, ...) dont les propriétés cristallographiques et physiques ne sont pas bien établies. Nous avons repris les mêmes expériences avec les proportions de cuivre et d'arsenic de l'algodonite, dans les mêmes conditions de température, de pression et de temps. Le produit obtenu est la domeykite.

Dans les conditions expérimentales, exposées dans la présente Note, il se forme donc un seul arséniure de cuivre bien défini, qui a pour formule Cu_3 As, et dont la structure est celle de la domeykite.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique du versant Nord-Ouest du Massif du Dahra (Algérie).* Note de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Charles Jacob.

Le versant Nord du Massif du Dahra est formé à l'Ouest du Cap Magraoua par un plateau qui s'étend, en bordure de la mer, sur environ 50^{km} et, vers l'intérieur, sur une profondeur atteignant 25^{km}. Ce plateau a jusqu'ici peu retenu l'attention des géologues, sauf Brives qui a figuré son extrémité Sud-Ouest sur la feuille Bosquet ([1]). Il le considère comme formé par une nappe de sables rouges qu'il attribue au Pliocène.

Ce plateau s'abaisse vers la mer tantôt en une pente légère et régulière, tantôt par des gradins dont la pente brusque amène une dénivellation rapide de 10 à 50^{m}, enfin il se termine en falaises de 50 à 120^{m} de hauteur. Par ailleurs il est découpé par de profondes vallées correspondant à des oueds descendus du centre du Massif. Ces vallées permettent d'étudier le substratum du plateau, dont les termes récents fixent une limite inférieure à l'âge des grès constituant le plateau. On observe :

([2]) Échantillon mis à notre disposition par M. J. Orcel.

([3]) R. E. Folinsbee, *Ec. Géol.*, 44, n° 5, 1949, p. 433.

([1]) Feuille Bosquet, au 1/50000, *Publication Service de la Carte géologique de l'Algérie*, Alger 1900.

1° Au Sud, à la limite du plateau, le Crétacé, surtout marno-schisteux, parfois gréseux ou calcaire, avec de rares fossiles caractérisant divers étages de l'Aptien au Sénonien.

2° Le Miocène toujours discordant se compose d'un Miocène inférieur marin (grès calcaire gréseux, marnes bleues) ou continental (conglomérats et argiles sableuses rouges). Celui-ci est surmonté en discordance par le Miocène supérieur qui, vers le Sud, recouvre en transgression le Crétacé et se compose d'un grès de base à Clypéastres et grands Pectinidés supportant des marnes bleues à intercalations de tufs cinéritiques, puis de couches de Tripolis et de Gypses avec intercalations de marnes et de cargneules, succession par conséquent identique à celle rendue classique au Sud du Dahra par les travaux des géologues d'Alger, Pomel, Brives et surtout Dalloni.

3° Le Pliocène reposant en discordance et transgression sur tous les termes du Miocène et sur le Crétacé se compose des formations suivantes :

a. A la base, un conglomérat formé de galets peu nombreux, le plus souvent épars au sein d'un ciment de marnes calcaires blanchâtres et parfois glauconieuses. Lorsque ce niveau recouvre les marnes bleues tendres du Miocène, les galets manquent et la formation se réduit à des marnes blanchâtres. Seul macrofossile : *Ostrea* (*Pycnodonta*) *cochlear* Poli; épaisseur 2 à 10^{m}.

b. Au-dessus, marnes bleues à nombreux Foraminifères, Globigérines en particulier, à peu près dépourvues de fossiles sauf des Pectinidés du genre *Amussium.* Vers la partie supérieure, des marnes un peu sableuses fournissent parfois des tests de Lamellibranches fouisseurs fossilisés *in situ* : *Perna* sp., *Panopæa* (*Glycymeris*) *glycymeris* Born. var. *Faujasi* Ménard, *Solen marginatus* Pennant; épaisseur 5 à 600^{m}, décroissant vers le Sud où les marnes argileuses bleues passent à des marnes plus calcaires blanchâtres.

c. Au sommet, mollasses calcaires avec : *Ostrea lamellosa* Br., *Pecten Jacobæus* L., *Chlamys scabrellus* LmK.

Toutefois l'apparition de ce faciès calcaire n'est pas brusque, et, dans les 150 derniers mètres des marnes bleues sous-jacentes on observe parfois des bancs de mollasse dont l'épaisseur peut atteindre 5 ou 6^{m}. Dans ces couches les circulations moins intenses ont parfois respecté les fossiles et j'ai pu recueillir dans l'une d'elles, sur la rive droite de l'Oued Bezouguert : *Nucula placentina* LmK, *Pectunculus inflatus* Br., *Limopsis aurita* Br., *Arca diluvii* LmK; *Cardium cyprium* Br., *Cardita rhomboidea* Br., *C. intermedia* Br., *Meretrix islandicoides*, *Venus casina* L., *Lucina* sp., *Corbula Gibba* Olivi, *Astarte fusca* Poli, *Chama gryphoides* L., *Ch. gryphina* LmK, *Pecten Jacobæus* L., *P. reghiensis* Segu., *Amussium* sp., *Chlamys scabrellus* LmK, *Natica millepunetata* LmK, *N. Compagnyoi* Font., *Nassa prismatica* Br., *N. conglobata* Br., *Ranella gigantea* LmK, *Tunitella vermicularis* Br., *T. tornata* Br., *T. subangulata* Br.

Cette faune date sans aucun doute cet ensemble du Pliocène dit ancien (Plaisancien-Astien).

4° En discordance sur toutes les formations précédentes viennent les grès du plateau. Toutes les fois que la succession est nette sans éboulis, on observe la coupe suivante :

Grès sableux comportant parfois des niveaux à galets et contenant le plus souvent des empreintes de coquilles de Mollusques, elle-mêmes plus ou moins dissoutes; l'aspect varie d'un grès à une lumachelle. Localement la roche tend à devenir calcaire et mieux cimentée enrobant des nodules qui sont des Lithothamnies. Les genres que l'on peut reconnaître sont *Pecten*, *Pectunculus*, *Venus*, *Astarte*, *Ostrea*, *Mytilus*, *Patella*, *Scalaria*, *Cerithium*, ... indiquant une faune littorale. La seule espèce déterminable spécifiquement est le *Pecten Jacobæus.* L'épaisseur de ce niveau varie de 15^{m} sur le littoral à 2^{m} vers l'intérieur.

Grès dunaires jaunâtres ou blanchâtres, épaisseur 5 à 15^{m}.

Grès argileux rougeâtre plus ou moins cimentés passant en surface à des dunes fixées ou mobiles.

5° En contrebas des formations précédentes viennent dans les vallées des alluvions et, au bord de la mer, deux niveaux de plages soulevées :

a. Le plus ancien, discontinu, peu visible, formé par des lumachelles à fossiles brisés indéterminables, se situe vers 50^m.

b. Le plus récent, très continu, comprend à la base une plage très fossilifère à *Pectunculus* et autres Mollusques ayant fourni le *Strombus bubonius*. Les sables littoraux de la *plage* forment une nappe unique entre 5 et 10^m (bord de mer) d'une part et 25^m (vers l'intérieur), recouverte de dunes consolidées et de couches rouges, le tout dominé par une falaise morte située vers 30 à 35^m d'altitude.

L'un des intérêts de cette coupe est de montrer de nombreuses discordances au sein de la série néogène et en outre l'existence de couches marines discordantes sur le Pliocène et qui ont été elles-mêmes déformées.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension de la couverture posthercynienne au Sud de la vallée de la Bouigane (Ariège).* Note de MM. **Eugène Raguin, Marcel Casteras** et **Jean-Baptiste Fontan**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1938, M. Dalloni [1] découvrait des sections de Caprines et de Radiolitidés dans les calcaires d'Uchentein que l'on croyait dévoniens. Par la suite l'un de nous, E. R. [2], proposait d'attribuer au Cénomanien toute une bande [3], surtout calcaire, longue de 18^{km} et d'une largeur maxima de 1000^m, qui court en direction E-O, de Bordes-sur-Lez à Couéou-de-Coulédoux, sur le Ger.

L'exécution d'un levé cartographique détaillé de ce vaste affleurement de la couverture posthercynienne nous permet de donner à son sujet des précisions nouvelles. Les unes sont relatives à sa situation tectonique; les autres concernent sa constitution.

Remarquons d'abord que le Cénomanien, partout affecté de pendages très redressés, est plissé en un synclinal aigu, étroitement serré au milieu des terrains primaires.

Il ne s'agit donc pas, pour toute cette bande crétacée, d'un simple placage subhorizontal élevé, mais bien d'un repli synclinal aigu. On doit dès lors concevoir l'existence d'une longue et profonde cassure du socle primaire à la faveur de laquelle ce repli a été protégé de l'érosion. L'accident frontal de la Zone axiale que l'on s'accorde généralement à situer à la limite nord des schistes carbonifères de la rive droite de la Bouigane serait ainsi doublé,

---

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 195.

(2) *C. R. Somm. S. G. F.*, 5, 1947, p. 219.

(3) Rapportée en totalité au Dévonien sur la première édition de la Feuille de Bagnères-de-Luchon de la Carte géologique détaillée de la France au 1/80000.

quelques kilomètres en arrière, par celui qui longe le bord du synclinal cénomanien.

Précisons ensuite que la bande synclinale étudiée ne comporte pas seulement du Cénomanien, mais que *les couches secondaires antécénomaniennes y sont, au contraire, largement représentées.*

Dans ses vastes affleurements entre le Lez et le Ger, le Cénomanien présente des faciès variés.

A sa base dominent les formations conglomératiques. Le ciment en est microbrèchique et les éléments sont empruntés aux diverses roches du substratum, schistes paléozoïques, griottes dévoniennes, poudingues et grès permo-triasiques, dolomies du Dogger, calcaires urgo-aptiens. Une mention spéciale doit être faite pour les conglomérats du Sud-Est d'Hajeaux qui comprennent, emballés dans un complexe de schistes et de microbrèches gréseuses, des blocs énormes de poudingues à galets quartzeux du Permien, véritables *klippes sédimentaires* au sens de P. Lamare.

Aux conglomérats polygéniques succèdent des brèches calcaires marmoréennes à sections de Caprines, incluant toujours des blocs de schistes paléozoïques (carrière d'Uchentein) et des marbres récifaux à Caprines, Préalvéolines, Polypiers (vallée de Bantines).

La partie supérieure de la formation cénomanienne réalise une sorte de Flysch et comporte des alternances de marno-calcaires à Fucoïdes, de marnes schisteuses grises satinées, de microbrèches calcaires et de calcaires gréseux (Col de l'Arraing, Pic de Bulard).

Quant aux affleurements de terrains antécénomaniens ils se répartissent de la façon suivante.

D'une part des témoins discontinus de ces terrains apparaissent en bordure du Cénomanien, sous celui-ci, dans les deux flancs du pli. Ce sont d'abord des grès, poudingues et psammites du Permo-Trias : au Sud du Pic de Bulard, au Rocher de Barbast, à Castet, tous trois le long de la bordure méridionale du Cénomanien, tandis qu'au Nord de celui-ci s'alignent les témoins du Cap de Coustalot, du Pic de Pujatech, le petit affleurement du Sud de la Fontaine de Coulédous et ceux, plus réduits encore, des granges Soulé et Coume d'Esplas.

Ce sont aussi les témoins d'ophite triasique de l'Est du Pic de Pujatech et de « la Ribère », au Sud de Salsein, l'un et l'autre pincés entre le Cénomanien et les schistes carbonifères.

Enfin sur la rive gauche du ruisseau de Bantines, à l'Est du Cap de Coustalot, le Cénomanien repose sur des calcaires urgoniens à *Toucasia* et sur des dolomies noires du Dogger, un accident doublant d'ailleurs la barre urgonienne.

D'autre part le synclinal de terrains secondaires subit localement au Nord-Ouest d'Antras une surélévation d'axe et il se vide en quelque sorte de son

Cénomanien qui est interrompu sur plus de 2^{km}. Ce sont, en effet, des calcaires urgoniens à *Toucasia* qui forment toute la crête du Mail de Mourères et du Roc de Prat Soulé. La disposition synclinale de la bande urgonienne est révélée par l'existence, sur ses deux bords, d'affleurements discontinus de dolomies jurassiques et de calcaires vraisemblablement liasiques.

Ainsi, en arrière du front de la Zone axiale, une autre importante cassure du socle primaire a protégé de l'érosion un repli de la couverture secondaire qui comporte des terrains antécénomaniens et, pour une large part, du Cénomanien discordant. Le vaste afffeurement cénomanien du Pic de Bulard et du Sud de la Bouigane se situe dans le prolongement du lambeau de Sarrancolin. Dans la direction du Nord-Est, seulement interrompu au delà de Bordes à la traversée du Lez, il se relie manifestement à la bande d'Engomer, du Col de Portech et d'Alos conservée dans un sillon qui borde au Nord et au Nord-Est le massif de Castillon.

GÉOLOGIE. — *La structure de la trouée de Belfort.* Note de MM. **Louis Glangeaud** et **Jean Devantoy**, présentée par M. Paul Fallot.

1° *Accidents de directions varisques.* — Dans la figure ci-jointe, les failles (traits) et flexures (triangles), de dimensions variables (f. 1 à 6) dominent, à l'Ouest. Il n'est pas possible de préciser, actuellement, si ces failles Nord Est-Sud Ouest se prolongent en Alsace, au delà de la grande faille (n° 10) de Leval-Badevel, qui limite, à l'Est, le voussoir déformé de Belfort-Montbéliard. Les dislocations (f. 1 à 3), bordant, au Sud, le massif vosgien, ont déjà été bien étudiées ([1]). Les autres accidents de 5 à 11 ont été précisés par nos recherches.

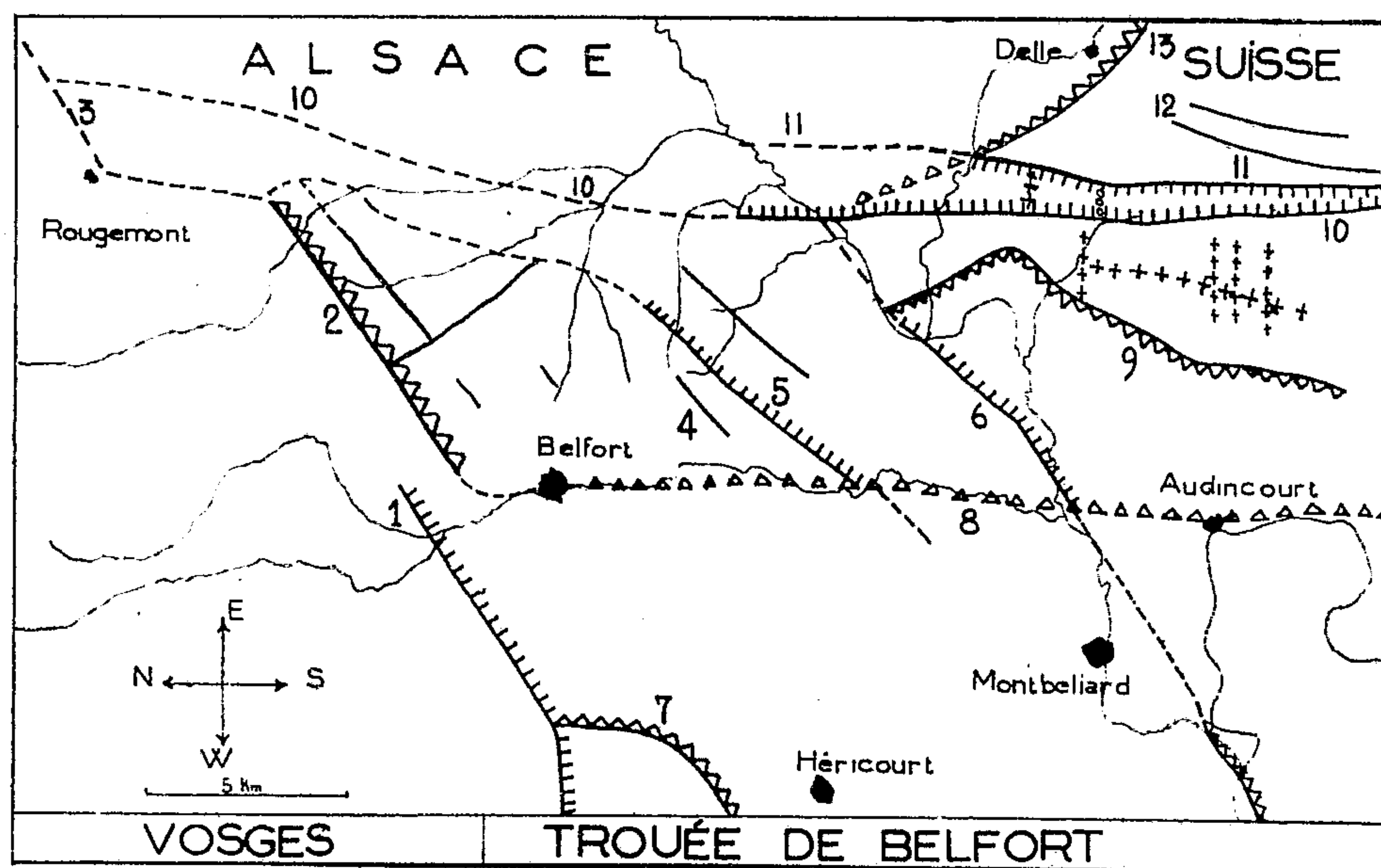
La faille 5 (rejet 30^{m}), fait buter le Séquanien contre l'Oligocène (système de Bourogne). Vers le Nord-Est, la faille 5 se prolonge, d'après les renseignements de la Géophysique, sous les alluvions, jusque vers Saint-Germain, où elle se raccorde aux dislocations bordières du massif primaire (f. 2-3).

La faille 6 a été mise en évidence entre Bourogne et Vieux-Charmont, par des études sur l'Oligocène, des prospections à la balance de torsion et les recherches d'eau de Sochaux. Vers le Sud-Ouest, elle est dans le prolongement de l'accident du tunnel de Montbéliard et de la *pincée* de Courcelle ([2]).

([1]) G. Cousin, *Bull. Serv. Carte géol. France*, 26, 1921-1922, n° 146; *Comptes rendus collab. campagne* 1921, 1923 p. 42-46; *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 949-952; L. Meyer, *Bull. Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine*, 1, fasc. 3, 1928, p. 153-262; P. Fallot, G. Corroy et G. Gardet, *Bull. Serv. Carte géol. France et des topographies souterraines*, n° 181, 34, 1931-1932; A. Gibert, *Thèses Lettres*, Paris, 1930.

([2]) L. Glangeaud, *Bull. Soc. Hist. nat. Doubs*, n° 51, 1945, p. 17-38, 13 figures; *Bull. Soc. Hist. nat. Doubs*, 52, 1948, p. 5-16.

Aussi, nous l'avons raccordée à la flexure du Mont-Bart. De rejet variable, cette faille résulte plutôt d'une torsion que d'un effondrement. La flexure 7 marque le prolongement des terrains secondaires vers la cuvette de Danjoutin.



2° *Failles subméridiennes.* — La dissymétrie de la vallée de la Savoureuse doit être due à un accident (faille ou flexure 8) en partie caché par les alluvions. Cette prévision est confirmée, au moins localement, par les sondages de la région de Vieux Charmont.

La flexure 9, bordant, à l'Est le bassin oligocène d'Étupe, s'observe sur le terrain. Le voussoir situé entre cette flexure et la faille de Charmois (10) a subi des déformations. Un anticlinal de direction subméridienne, recoupé par de petites ondulations orthogonales, expliquerait les boutonnières oxfordiennes de Montbouton et de Beaucourt.

La grande faille de Charmois (10) a été suivie par des levers géologiques au Sud de Badevel où elle apparaît dans la topographie. Au Nord de Badevel, elle a été recoupée, dans la vallée de la Feschotte, par prospection géoélectrique. Elle se continue par la flexure que traverse, sur la rive droite la route de Fesche-le-Chatel. Dans ce territoire, son rejet est inférieur à 50^{m}. Il augmente vers le Nord, où il dépasse plus de 100^{m} à Charmois. Au Nord de ce village, la balance de torsion a permis de suivre cette faille jusque dans la région de Leval où elle se raccorde à la faille bordière du massif vosgien. Le rejet de la faille 10 atteint plus de 500^{m} près de Felon.

La faille 11 est une faille satellite de la précédente, observée, au Sud, sur le terrain. Sous la vallée de l'Allaine, elle a été détectée par la gravimétrie, près de Granvillars. Les failles 9 et 11 délimitent l'étroit *graben* Nord-Sud de

Badevel. Ce dernier a subi ensuite des déformations orthogonales de direction Est-Ouest.

3° *Histoire morphotectonique de la trouée de Belfort.* — Entre Badevel et Morvillars, on peut mettre en évidence une *première phase de tectonique* anté-stampienne. Pendant le Sannoisien, la bordure secondaire des Vosges, surélevée et puissamment érodée, a fourni les conglomérats du système de Bourogne et les brèches du sondage de Felon.

Les accidents périvosgiens, décrits par Mlle Cousin, paraissent dus à la *surrection miocène* des Vosges et à la première phase orogénique. La pénéplaine prépontienne recoupe ces premiers plis (³) : les alluvions à galets alpins de la Bresse ont ensuite franchi, de l'Est à l'Ouest, la trouée de Belfort, *au début du Pliocène*, grâce à l'affaissement synclinal préjurassien (gouttière de l'Allan Doubs, de Gibert). La trouée de Belfort correspond ainsi, dans son ensemble, à une vaste cuvette synclinale, à fond plat, d'âge mio-pliocène, mais son substratum offre, dans le détail, un aspect complexe qui s'explique par la *superposition de plusieurs phases tectoniques*.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur quelques minéraux des syénites néphéliniques de Bou Agrao (Bou Aougra), Haut Atlas (Maroc).* Note de Mme **Élisabeth Jérémine**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

J'ai déjà signalé (¹) la présence des minéraux zirconifères (eudialyte et rinkite) dans les syénites néphéliniques du massif de Bou Agrao (Bou Aougra, d'après l'orthographe plus récent, feuille de Midelt, Maroc). Des échantillons provenant de la région nouvellement explorée par le Chanoine G. Dubar contiennent plusieurs autres silicates alcalins zirconifères et titanifères, minéraux rares, qui permettent de faire quelques rapprochements entre ce petit massif marocain et les syénites néphéliniques de l'archipel de Los, de la presqu'île de Kola et de la Norvège. Ces roches proviennent de l'Oued Endt et de ses affluents Ouest.

Les ultimes digitations du massif, intrusif dans les calcaires liasiques, pénètrent dans le calcaire, le long de l'oued Endt sous forme de filons de pegmatite à gros éléments. Les cristaux de feldspath potassique y atteignent de 10 à 20^{cm}, la néphéline dépasse 2^{cm} et les prismes d'ægyrine ont jusqu'à 10^{cm} de longueur. L'eudialyte rouge vif ou rose, la fluorine violette sont visibles à l'œil nu.

Dans une syénite néphélinique à grain moyen, près de la falaise calcaire on

---

(³) L. Glangeaud, *loc. cit.* et *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 720; A. Gilbert, *loc. cit.*; Liniger, *Beitr. geol. Karte Schweiz*, 55, 1925 p. 4.

(¹) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1022.

voit l'*eudialyte* : 6 Na_2O, 6(Ca, Fe)O, 20 (Si, Zr)O_2, NaCl parfois en cristaux réguliers et des cristaux allongés d'un minéral d'un beau jaune orangé. Le microscope permet de constater qu'il s'agit de *lavenite* : Na_2Ca(Zr, Ti, Ta)Si_2O_8(O, F), minéral d'un groupe spécial des pyroxènes zirconifères.

Dans les syénites recueillies en montant vers Tizi Tamazert, un autre silicate zirconien la *mosandrite* : Ce_2, Ca_8, Na_3, Zr, O (F, OH)$_7$(SiO_3)$_9$ forme des faisceaux bruns divergents et est accompagné de rares petits cristaux de *rinkite* : Na_2O, 3CaO (Ti, Zr)O_2 3SiO_2Ce(F, OH).

Dans une syénite au contact immédiat du calcaire, au Nord de l'oued Endt, la néphéline est presque entièrement substituée par la cancrinite; les minéraux colorés, la biotite et l'arfvedsonite, sont accompagnés par la *rosenbushiste* : Na_2O, 3CaO, 4(Si, Ti, Zr)O_2 (son signe optique est positif et l'angle 2 V ne dépasse pas 60°. Brögger le décrit comme négatif, avec 2 V = 90°, mais Larsen et Winchell indiquent le signe optique positif et 2 V = 60°). La fluorine violette imprègne la rosenbuschite suivant les clivages. Je crois aussi avoir reconnu la *catapléite*, encore un silicate zirconifère de chaux et de soude, mais ses caractères optiques n'ont pas été précisés.

Parmi ces minéraux l'eudialyte seulement est hexagonale (signe optique positif). Les autres sont monocliniques et à signe optique positif, à l'exception de la lâvenite qui est négative.

Ces minéraux zirconifères, titanifères, fluorés, manganésifères, parfois cérifères, généralement très dispersés dans la roche ne se concentrent que par place; l'eudialyte seulement est très répandue et souvent abondante.

Formant des bandes irrégulières dans le calcaire, se trouve une roche, probablement métamorphique d'une composition hétérogène. Elle est constituée tantôt par des amas de grains granoblastiques d'orthose et des cristaux d'ægyrine et d'augite ægyrinique disséminés sans ordre : tantôt les minéraux colorés prédominent et sont accompagnés d'une amphibole bleu de ciel, très dispersive, optiquement négative, avec 2V ne dépassant pas 60° et le polychroïsme suivant : n_p bleu, n_g verdâtre, n_m violet, l'angle d'extinction grand. D'après ces propriétés optiques c'est une *imérinite*, l'amphibole caractéristique de certains calcaires métamorphiques. J'ai rencontré dans la même roche la *pectolite*, silicate hydraté de sodium et de calcium (signe optique positif, deux clivages à angle droit dans les sections perpendiculaires à la bissectrice aiguë).

Nous avons vu ainsi que dans le massif de Bou Aougra les silicates zirconifères prédominent sur les titanifères. La concentration des silicates alcalins de zirconium et de titane dans les syénites néphéliniques indique une richesse exceptionnelle de ces roches en alcalis ([2]).

([2]) W. KUNITZ, *N. Jahrb. f. Mineralogie. Beilage Band*, A, 70, 1936.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur une présentation nouvelle du métamorphisme des roches.* Note de M. **Julien Durand**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Par *métamorphisme* nous entendons les transformations de roches (après diagénèse, consolidation du magma ou métamorphisme antérieur), sans passage d'ensemble à l'état liquide (mise en solution ou fusion), généralement hors de l'action de l'atmosphère et de l'hydrosphère. Les roches, associations rigides d'atomes (cristaux ou verres), sont alors le siège de réactions :

1° du type usuel (combinaisons d'atomes *activés*);

2° ou nucléaires, soit spontanées (radioéléments parmi lesquels le potassium), soit provoquées par des bombardements corpusculaires : Vernadsky a signalé l'importance des premières ([1]); plus récemment Andreatta ([2]) et Efremov ([3]) attribuent aux secondes un rôle primordial. Négligeant ces réactions, nous proposons d'appliquer à l'étude du métamorphisme la notion d'*activation* des atomes.

La diffusion d'atomes libres signalée dans les métaux par W.-C. Roberts-Austen dès 1896, est vraisemblable dans les roches ([4]); par fixation de ces atomes dans les réseaux cristallins (aux nœuds ou dans les vides) peuvent se former, au cours des périodes géologiques, des masses notables de minéraux nouveaux; il en est de même quand, sans dérangement des masses rocheuses, des réseaux se modifient (transformations allotropiques) ou s'organisent à partir de verres; on pourrait parler de métamorphisme de *vieillissement*. Mais le métamorphisme le plus fréquent suit la libération d'atomes actifs par les processus suivants :

1° Rupture des liaisons interatomiques anciennes par élévation de température (suite d'un apport de chaleur) ou par contraintes résultant d'actions mécaniques extérieures provoquant des déformations plastiques;

2° Actions locales de solvants, gazeux ou liquides, nés dans la roche même ou de provenance extérieure.

Ces divers processus se retrouvent dans tout métamorphisme, qu'il résulte :

a. d'enfoncement géosynclinal;

b. de mise en place d'un magma;

c. de déformations orogéniques caractérisées par des tectonites (Sander) où les réseaux cristallins des divers minéraux ont une orientation statistique-

---

([1]) *Les problèmes de la Radiogéologie*, Paris, 1935.

([2]) *Énergie nucléaire et magmatisme* (*Scientia*, Bologne, 1946, Supplément, p. 31-37).

([3]) *Die Entwicklung des chemischen Elemente* (*Ihor Belej*, Königstein im Taunus, 1949).

([4]) R. Perrin, *Annales des Mines*, 13e série, 6, 1934, p. 135-170; P. Lapadu-Hargues, *Bulletin de la Société géologique de France*, 1945, p. 255-310.

ment régulière, pseudotachylites où les atomes ont été dispersés en désordre et mylonites où se mêlent les deux types précédents;

d. ou d'actions mal précisées géologiquement, provoquées par des détonations ([5]).

La régularité de l'orientation des réseaux critallins des divers grains des tectonites traduit la structure du champ des forces orogéniques se composant avec les forces de liaison interatomiques.

Le solvant, parfois déjà partiellement saturé, détruit en surface le réseau cristallin des minéraux touchés; les conditions de pression, température, concentration, etc., variant, il peut déposer des cristaux des solutés (avec les mêmes faciès ou non) ou d'autres minéraux. La différence avec le premier processus tient à l'existence de domaines macroscopiques où la vitesse de réaction est incomparablement plus grande que dans les portions restées solides, domaines qui peuvent se constituer, soit par invasion de liquides ou vapeurs venus de l'extérieur par des fissures (injection), soit par fusion locale, soit par action de radicaux ou ions (OH, SO_3, CO_2 Cl, F) diffusant de l'extérieur ou libérés sur place. C'est seulement dans ces domaines qu'on peut appliquer la règle des phases, loi statistique non valable pour les réactions *individuelles* en milieu solide, qui constituent l'essentiel du métamorphisme.

La classification à partir de données mécaniques ou physico-chimiques des phénomènes globaux et des produits du métamorphisme est une entreprise illusoire : dans un seul échantillon sont généralement intervenus plusieurs des processus élémentaires présentés.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur les caractères magnétiques du système éruptif de Gergovie.* Note de M. **Alexandre Roche**, présentée par M. Charles Maurain.

Une étude des caractères magnétiques du système éruptif de Gergovie a été conduite simultanément par deux méthodes :

1° Mesure des anomalies de la composante verticale du champ magnétique terrestre.

2° Détermination de l'aimantation permanente et de la susceptibilité d'échantillons de roches prélevées en différents points du terrain.

Les résultats obtenus sont concordants et conduisent aux conclusions suivantes :

Le système éruptif de Gergovie se divise au point de vue magnétique en trois zones nettement différentes :

1. La zone des dykes, necks, sills du versant oriental, caractérisée par une

([5]) A. Michel-Lévy, *Discussions of the Faraday Society*, 5, 1949, p. 325-326.

forte anomalie négative de la composante verticale du champ magnétique et par une aimantation permanente des roches en sens inverse de celui du champ terrestre actuel.

Le tableau suivant donne la moyenne des valeurs obtenues :
σ représente l'aimantation spécifique permanente des échantillons;
χ, leur coefficient d'aimantation ou susceptibilité massique;
H, l'intensité du champ terrestre actuel.

Inclinaison.	Déclinaison.	σ.	χ.H.
— 53°0	20° Est + 180°	$1,14.10^{-3}$	$0,31.10^{-3}$

2. La coulée supérieure formant la table sommitale du plateau, caractérisée par une anomalie positive de la composante verticale et par une aimantation permanente des roches de direction et de sens voisins de ceux du champ terrestre actuel.

Le tableau suivant donne la moyenne des valeurs obtenues :

Inclinaison.	Déclinaison.	σ.	χ.H.
— 51°30′	14° Ouest	$1,20.10^{-3}$	$0,32.10^{-3}$

3. La table inférieure du plateau : coulée sous-jacente à la précédente; zone à anomalies variables en grandeur et en signe; l'aimantation des roches paraît y présenter une forte dispersion.

Le tableau suivant donne les nombres extrêmes observés :

Inclinaison.	Déclinaison.	σ.	χ.H.
— 33°30′ à + 51°	78° Ouest à 57° Est + 180°	$0,28.10^{-3}$ à $8,4.10^{-3}$	$0,35.10^{-3}$ à $0,51.10^{-3}$

Deux théories ont été proposées quant à l'origine de l'ensemble éruptif de Gergovie :

L'une, due à P. Glangeaud, attribue à la même époque la mise en place des coulées, dykes, necks, sills qui constitueraient les différentes parties d'un même volcan miocène burdigalien.

L'autre, plus récente de R. Michel, attribue aux coulées du sommet une origine indépendante de celle des dykes, sills et necks du versant oriental; ceux-ci auraient été mis en place à l'Aquitanien et les coulées seulement au Burdigalien.

Les caractéres magnétiques ne permettent pas de se prononcer avec certitude en ce qui concerne la coulée sous-jacente dont les affleurements sont d'ailleurs rares et très altérés.

Par contre ils conduisent à penser que la table sommitale du plateau est indépendante du groupe éruptif oriental et que sa mise en place a eu lieu à une époque différente.

Pour ce groupe éruptif oriental, la mise en place de tous les dykes, necks, sills doit être intervenue sensiblement à la même époque. Il est improbable

qu'une inversion de l'aimantation aussi constante que celle observée dans ce groupe ait eu lieu sous l'effet d'une altération minéralogique, car les échantillons examinés sont de texture différente et ont été récoltés à des distances relatives parfois supérieures à un kilomètre. On doit donc penser que les conditions existant au moment de la mise en place ont imposé une aimantation en sens inverse de celui du champ magnétique terrestre actuel.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la température moyenne de l'atmosphère libre à la verticale de Trappes.* Note (*) de MM. **Victor Marc, Jean Roulleau** et **André Viaut**, présentée par M. Charles Maurain.

La moyenne annuelle de la température de l'atmosphère libre, à la verticale de Trappes (48°46′N, 2°0′E), a été déterminée d'après les radiosondages effectués en cette station entre le 1er octobre 1945 et le 30 septembre 1948. Les mesures antérieures de 1898 à 1945 étant relativement peu nombreuses, et presque uniquement faites de jour, n'ont pas été prises en considération.

1. Sur 2200 résultats de sondage, nous avons retenu pour établir la répartition verticale des températures moyennes, 1574 ascensions qui correspondent aux cas de radiométéorographes ayant atteint au moins 11000^{m} d'altitude; 779 de ces ascensions ont été interrompues entre 11000 et 15000^{m}, par suite de l'éclatement du ballon; les cas d'abandon de sondage imposés par l'éloignement du radiométéorographe (par suite de vent violent) ont été éliminés, mais leur rareté est si grande que l'erreur commise sur la statistique est absolument insignifiante.

L'ensemble de ces sondages se partage sensiblement par moitié entre les sondages de nuit (796) et les sondages de l'après-midi (778), effectués à peu près aux heures du minimum et du maximum journaliers de température. On sait qu'au voisinage du sol la moyenne des deux températures ainsi relevées est très sensiblement égale à la température moyenne de la journée. En altitude, où la variation diurne est plus faible, l'écart de la moyenne réelle peut être complètement négligé.

2. Les mesures de température ont été effectuées à l'aide soit de radiosondes américaines, soit de radiosondes françaises du type Bureau.

On sait que l'erreur qui pourrait être introduite par l'échauffement dû au rayonnement solaire est très inférieure au degré dans la radiosonde américaine [1] jusqu'à 25000^{m}. D'autre part l'un de nous [2] a montré que l'efficacité du parasoleil de la radiosonde française est également satisfaisante jusqu'à cette altitude.

(*) Séance du 5 décembre 1949.

(1) C. J. Brasefield, *Journal of Météo*, 5, 4, 1948, p. 147-151.

(2) J. Roulleau, *Journal Scientifique Météo*, 1, 3, 1949, p. 69-71.

Ces résultats se trouvent d'ailleurs confirmés par la petitesse de l'écart observé, dans la stratosphère, entre les sondages de jour et les sondages de nuit. Entre 12000^m et 15000^m, la température moyenne s'établit en effet à $-55^\circ,6$ pour la nuit et $-55^\circ,2$ pour le jour.

3. Les moyennes brutes résultant des observations ont été corrigées de l'inertie du thermomètre, qui se traduit par un écart de température $\Delta\theta$ tel que

$$\Delta\theta = -\gamma v \tau_0 \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}},$$

où γ est le gradient thermique vertical pour chaque niveau (que l'on détermine sur les moyennes brutes), v la vitesse ascensionnelle du ballon égale à 5 m/sec et τ_0 la constante de temps du corps thermométrique, que des mesures antérieures ont fixée à 10 secondes environ aussi bien pour l'appareil américain que pour l'appareil français (3), dans les conditions normales ρ_0 et ρ les densités au sol et au niveau considéré.

4. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant, où Z représente l'altitude, N le nombre d'observations et θ_m la température moyenne corrigée comme il vient d'être indiqué (le chiffre des dixièmes de degré n'est donné qu'à titre indicatif).

Z (en mètres).	N.	θ_m (en °C).
Sol (170)	1568	10,2
500	1567	8,9
1000	1570	6,1
1500	1570	3,7
2000	1567	1,2
3000	1564	− 4,0
4000	1568	− 9,9
5000	1568	−16,5
6000	1566	−23,5
7000	1565	−30,8
8000	1568	−38,3
9000	1567	−45,1
10000	1569	−51,1
11000	1568	−54,6
12000	1384	−55,8
13000	1195	−55,4
14000	999	−55,1
15000	795	−55,3

(3) A. PERLAT, *Cours d'Aérologie*, Paris, 1949.

PALÉOBOTANIQUE. — *Les divisions paléontologiques du Stéphanien du Bassin de la Loire.* Note (*) de M. **Paul Corsin**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le terrain houiller du Bassin de la Loire a été étudié à nouveau ces trente dernières années par P. Bertrand, P. Pruvost et J. de Maistre ([1]). Le tableau ci-après confronte nos connaissances paléobotaniques avec les divisions stratigraphiques reconnues par les géologues ([2]). Il résume mes récentes observations sur la flore de divers bassins stéphaniens, et en particulier du Bassin de la Loire.

DIVISION DU TERRAIN HOUILLER DE SAINT-ÉTIENNE.

STÉPHANIEN SUPÉRIEUR ou Assise d'Avaize.

Flore à *Odontopteris* forme *minor* Brgt et à *Poacordaites linearis* Gr.'E.

Zone de Bellevue.	*Faisceau des Combes.*	Disparition presque totale d'*O.* f. *minor*. Présence de *Pecopteris Monyi* Zeil. et de *P. elaverica* Zeil.
	Couche des Littes.	
Zone de Montrambert.	*Faisceau des Littes.*	Maximum d'abondance d'*O.* f. *minor*. Disparition d'*O. Brardi* Brgt.
	Couche Mourinée.	
	Faisceau de Beaubrun.	Apogée d'*Odontopteris* f. *minor-Zeilleri* Pot. Présence de *Mix. neuropteroides* (Göpp.) Zeil. Persistance d'*O. Brardi* Brgt. Apparition de *Sphenophyllum Thoni* Mahr, de *Pecopteris Wongi* Halle, de *Neuropteris Planchardi* Zeil., de *Tæniopteris multinervis* Weis.

Couche des Rochettes.

STÉPHANIEN MOYEN ou Assise de Saint-Étienne.

Flore à *Odontopteris* forme *Reichi* Gutb. et à *Cordaites lingulatus* Gr.'E.

Zone de Roche-la-Molière.	*Faisceau de Rambaud.*	Apparition d'*O.* f. *minor-Zeilleri* Pot., d'*O. genuina* Gr.'E., de *Pecopteris feminæformis* Schl., de *Diplotmema Busqueti* Zeil. Disparition des Sigillaires cannelées.
	8e Grüner.	
	Faisceau de Villars.	Persistance des Sigillaires cannelées.

(*) Séance du 14 décembre 1949.

([1]) P. Bertrand, *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 689; *ibid.*, 167, 1918, p. 760; P. Pruvost, *ibid.*, 225, 1947, p. 1236; J. de Maistre, *Rev. Industr. Min.*, n° 544, 1949, p. 271.

([2]) P. Pruvost, *loc. cit.*, 1947, p. 1749.

14ᵉ Grüner.

Zone de la Talaudière.	*Faisceau de la Chazotte.*	Apparition de *Walchia piniformis* Schl., de *Linopteris Germari* Giebel. Disparition de *Pecopteris lamurensis* Heer.
Zone de Grand'Croix.		Poudingue mosaïque.

STÉPHANIEN INFÉRIEUR ou Assise de Rive-de-Gier.

Flore à *Pecopteris lamurensis* Heer et à *Pecopteris arborescens* Schl.

Faisceau de la Péronnière.	Persistance de *Mixoneura* forme *flexuosa* Gᵈ.E Apparition de *Sphenoph. oblongifolium* Germ., de *Callipteridium pteridium* Schl., de *Sigillaria Brardi* Brgt, de *Neuropteris cordata* Brgt. Abondance de Sigillaires cannelées.

Brèche de la Fouillouse

REMARQUES. — 1° L'étage stéphanien est, dans son ensemble, caractérisé par : *Odontopteris Reichi-minor* Zeil., *Callipteridium pteridium* Schl., *Pecopteris polymorpha* Brgt, *P. unita* Brgt, de nombreux *Pecopteris* cyathéoïdes (*P. cyathea* Schl., *P. lepidorachis* Brgt, *P. hemitelioides* Brgt), *Dicksonites Plückeneti* Schl., *Sphenophyllum oblongifolium* Germ., *Sigillaria Brardi* Brgt et *Alethopteris Grandini* Brgt.

2° Les *Odontopteris Reichi* et *minor* sont une même espèce : *O. Reichi-minor* qui a évolué dans le temps et, suivant l'assise où on la trouve, on a, soit *O.* forme *Reichi* Gutb., soit *O.* f. *minor-Zeilleri* Pot. ou encore *O.* f. *minor* Brgt. Mais ces diverses formes peuvent coexister sur la même plante.

3° Pour l'*Assise de Rive-de-Gier* il faut ajouter les caractères suivants : présence, mais rare, d'*O. Reichi*; fréquence relative de *P. unita*, *P. plumosa-dentata*, *P. Bioti* Brgt et des *Pecopteris* cyathéoïdes; persistance d'espèces westphaliennes : *Sphenoph. emarginatum* Brgt, *Sphenoph. majus* Brgt, *Linopteris* gr. *neuropteroides* Gutb., *Sphenopt.* gr. *quadridactylites* Gutb. et Sigillaires cannelées (*Sigillaria tessellata* Brgt).

Les *Pecopteris* cyathéoïdes, le *P. polymorpha*, le *P. lamurensis* Heer, l'*Odontopteris Reichi-minor* apparaissent au sommet du Westphalien D (toit de veine Heinrich de Püttlingen); le *P. unita* et *D. Plückeneti* au voisinage du tonstein I du Bassin de la Sarre; l'*A. Grandini* également, mais il demeure très rare dans l'assise de Rive-de-Gier.

4° L'*Assise de Saint-Étienne* est encore caractérisée par le maximum d'abondance de *C. pteridium*, *C. gigas* Gutb., *O. Brardi* Brgt, *N. cordata* Brgt, *Sph. oblongifolium*, des *Pecopteris* cyathéoïdes autres que le *P. arborescens* Schl., de *P. unita*, *P. feminæformis* Schl.; la fréquence relative des *Linopteris Germari*

Gieb. et *Brongniarti* Gutb., d'*Ovopteris pecopteroides* Landeskr.; la présence d'*O. Schlotheimi* Brgt, *P. Bioti* et *P. Candollei* Brgt.

5° L'*Assise d'Avaize* est, dans son ensemble, définie par la fréquence de nombreux *Odontopteris*, les uns à petites pinnules (*O.* f. *minor* et *O.* f. *minor-Zeilleri*), les autres à feuillage plus opulent (*O. genuina*, *O. obtusa* Brgt, *O. Schlotheimi*); l'abondance d'*O. pecopteroides*; la présence de *Sphenoph. longifolium* Germ., qui apparaît au sommet du Stéphanien moyen, de *Sphenopt Matheti* Zeil., de *L. Germari*; la persistance de nombreux *Neuropteris* : *N. cordata*, *N. pseudo-Blissi* Pot., *N. Planchardi* Zeil. et de *Sphenopht. oblongifolium*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Induction réversible de morphoses foliaires opposées et de la mise à fleur chez deux Scabieuses par le photopériodisme.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le genre Scabieuse (*Scabiosa* L.) comprend environ 80 espèces de la zone tempérée et méditerranéenne de l'ancien monde. Elles fleurissent assez tard en été (juillet à septembre ordinairement), sur de hautes tiges qui ont poussé depuis le début du printemps. Les formes de leurs feuilles sont curieusement diverses : toutes entières de la base au sommet chez *S. Succisa* L. ou chez *S. graminifolia* L., toutes plus ou moins profondément laciniées chez *S. Gramuntia* L., ou bien entières à la base et divisées le long de la tige chez *S. canescens* W. et K. (*S. suaveolens* Desf.), ou l'inverse chez *S. ukranica* L. Chez ces deux dernières, la floraison se poursuit jusqu'en octobre-novembre. C'est sur elles que j'ai fait intervenir l'action expérimentale prolongée ou intervertie du photopériodisme.

En jours courts (8 heures d'éclairement naturel), ces plantes restent indéfiniment à l'état de rosettes, sans montrer le moindre allongement des entrenœuds. Les feuilles de la rosette sont cependant de formes aussi opposées que possible : *S. canescens* a des rosettes de feuilles oblongues-lancéolées, très entières, assez petites, vert sombre. *S. ukranica* a des rosettes de feuilles profondément pennatiséquées, à lobes linéaires-obtus, grands, vert gai. A ces caractères opposés s'ajoutent cependant des caractères communs : les feuilles de ces deux sortes de rosettes sont, en jours courts, glabres, épaisses, tendant vers l'état charnu.

En jours longs (8 heures d'éclairement naturel + 8 heures d'éclairement d'appoint, ou éclairement continu par appoint la nuit), la morphose foliaire est bouleversée, mais en deux sens opposés chez les deux espèces : La tige s'allonge en entre-nœuds distincts; chez *S. ukranica*, les premières feuilles caulinaires sont encore pennatiséquées, mais à lobes étroits, aigus, velus et minces, et les suivantes sont entières, en lanières minces, étroites et velues. Chez *S. canescens*, les feuilles qui apparaissent en jours longs prennent tôt une

forme incisée, puis bientôt profondément laciniée-pennatiséquée, jusqu'au voisinage des fleurs où sont des bractées simples; ces feuilles laciniées sont minces et glabres.

Parallèlement à ces changements induits rapidement par le traitement en jours longs, mais avec plus de retard, les capitules de fleurs finissent par se former au bout de deux ou trois mois : le bourgeon terminal est le premier transformé en fleur. Les bourgeons axillaires relaient alors sa croissance (la tige se ramifie), puis sont à leur tour mis à fleur, et la ramification et la floraison se poursuivent. Ces phénomènes continuent tant que les jours longs sont donnés et que la température reste compatible avec la croissance, et jusqu'à épuisement de la tige dressée. Celle-ci ne s'épaissit guère à la base tant que dure la floraison, et sa grosseur initiale, donc le nombre maximum de capitules qu'elle pourra former, dépend de la force de la rosette à partir de laquelle elle s'était développée.

Mais si, au cours du traitement en jours longs, on fait retour aux conditions de jours courts, on observe une remarquable réversibilité des inductions précédentes : certes, les ébauches florales déjà formées achèvent, même en jours courts, de s'épanouir. Mais si le retour en jours courts intervient alors que la tige dressée n'est pas épuisée par une longue floraison, alors les extrémités de tiges encore non transformées catégoriquement en ébauches de fleurs, reviennent à l'état de pousses courtes comme celles qui existaient seules pendant le premier traitement en jours courts. Dès la cessation des jours longs, l'allongement cesse, et les feuilles qui se forment reprennent assez vite la morphose caractéristique des jours courts pour l'espèce considérée. On voit se former ainsi, curieusement perchées, des rosettes de feuilles épaisses, laciniées chez *S. ukranica*, entières chez *S. canescens*.

L'expérimentation sur ces deux espèces nous apporte donc l'enseignement suivant :

1° Le photopériodisme induit, comme on le savait, mais ici de façon spectaculaire, à la fois des changements dans le passage de l'état végétatif à l'état reproducteur, et dans la morphologie des organes végétatifs;

2° la laciniation ou la découpure des feuilles peut être induite par deux facteurs opposés, jours longs ou jours courts, selon l'espèce traitée, ce qui amène à réviser nos conceptions sur les relations entre la physiologie et la morphologie foliaire, ainsi que sur la signification évolutive des formes foliaires;

3° des traits physiologiques et morphologiques communs accompagnent cependant les mêmes traitements photopériodiques : en jours courts, il est constant de noter la tendance au raccourcissement des entrenœuds et, comme Harder l'avait déjà indiqué chez *Kalanchœ Blossefeldiana*, la tendance vers la succulence;

4° alors que, chez la plupart des plantes de jours longs expérimentées

jusqu'ici, telles que l'Épinard, la Jusquiame, l'Aneth, l'induction à la floraison est obtenue après un petit nombre de journées longues, il faut ici un grand nombre de tels jours pour susciter la formation définie de fleurs.

Il en résulte que, au lieu de voir les ébauches florales s'esquisser dans le cœur de la rosette avant même l'allongement de l'axe, ici la tige s'allonge, et les feuilles prennent la morphose indicatrice de la floraison avant que les ébauches florales soient formées. C'est cette particularité qui permet d'intervenir, même tardivement, pour faire retour à un état entièrement végétatif.

Deux Scabieuses Scabiosa ukranica W. *et* K. *et* Sc. canescens *L. étudiées ici fourniront donc un matériel de choix pour les recherches sur les facteurs déterminants de la morphologie foliaire et sur les conditions de réversibilité de l'induction photopériodique de la mise à fleur.*

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action du cholate de sodium sur le fonctionnement fusorial chez* Allium Cepa *L.* Note de M. **Guy Deysson** et Mme **Micheline Deysson**, présentée par M. René Souèges.

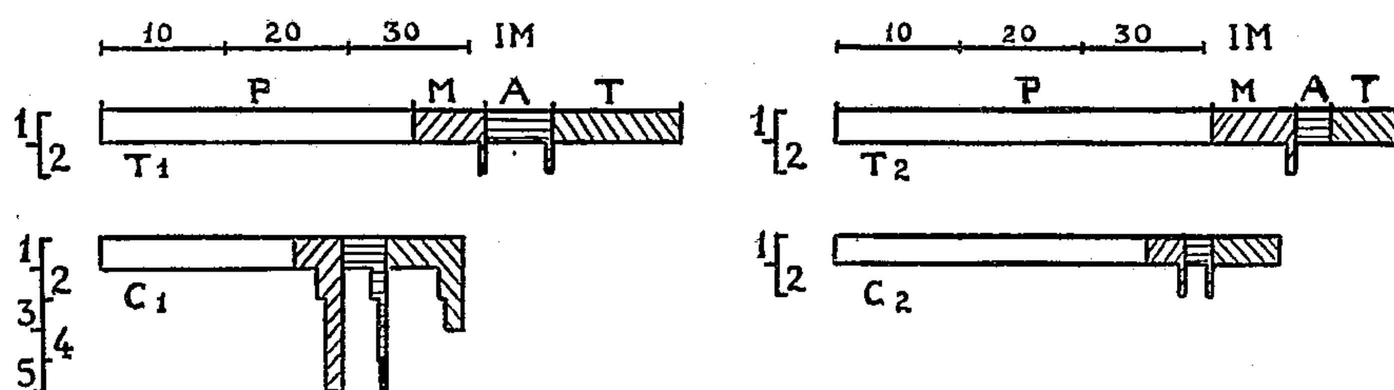
Nous avons signalé récemment (1) que le cholate de sodium se montre très nocif pour les cellules d'*Allium Cepa*, et provoque une intoxication rapidement mortelle. Suivant les concentrations utilisées, nous avons observé, soit une action fixatrice brutale (0,50 %, 1 heure 30 minutes), soit une action mitodépressive intense, accompagnée d'un ralentissement très net des phénomènes d'ana et de catachromase, et suivie, plus ou moins rapidement, d'une action léthale. Il reste alors généralement quelques images cinétiques présentant une forte chromatolyse, mais dans lesquelles la disposition normale des chromosomes indique que le fonctionnement fusorial n'a pas été troublé. Avec certaines concentrations (0,05 à 0,15 %), le cloisonnement cellulaire est parfois inhibé; la proportion des télophases sans phragmoplaste n'est cependant jamais élevée (la plus forte valeur que nous ayons observée est de 29 % après un traitement de 3 heures à 0,15 %) et, seules, quelques rares cellules binucléées se forment avant la mort de la racine.

L'observation de cette action légère sur le cours de la division cellulaire nous a incités à rechercher s'il ne serait pas possible d'obtenir un effet mitoclasique sous l'influence du cholate de sodium. Il fallait, pour cela, éliminer l'action léthale d'une toute autre nature exercée par ce corps. C'est en faisant agir pendant un temps très court des concentrations élevées (0,50 et 0,25 %) que nous y sommes parvenus. En d'autres termes, si l'*effet primaire* du cholate de sodium ne comporte jamais d'action mitoclasique, il est possible d'obtenir une telle action comme *effet secondaire*, c'est-à-dire postérieurement à la fin du traitement.

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1357.

1. *Concentration de* 0,50 %. — Des racines traitées un quart d'heure par cette concentration ont été examinées après 2 heures de retour sur liquide de Knop au demi. Les cinèses sont peu nombreuses : par exemple, 136 dans un méristème, dont 98 prophases; 7 stathmocinèses typiques sur 17 métaphases et une hémicinèse à fuseau tripolaire sur 7 anaphases. L'effet mitoclasique est plus net pour un traitement d'une demi-heure. Après une demi-heure de retour sur milieu privé de sel biliaire, les cinèses sont encore assez nombreuses (640 dans un méristème, 593 dans un autre); 20 % des métaphases sont des stathmocinèses typiques et 15 % des télophases sont des stathmodiérèses. Si le prélèvement est effectué après 2 heures de retour, les cinèses sont moins nombreuses (434 dans un méristème, 410 dans un autre); les stathmocinèses atteignent 50 % des métaphases; de plus, les métaphases montrant une plaque équatoriale donnent souvent des signes nets d'évolution en stathmocinèses (retard dans la division des centromères, irrégularités de disposition des chromosomes). On observe également quelques hémiana et hémitélophases.

2. *Concentration de* 0,25 %. — Un traitement d'une demi-heure à cette concentration suivi d'un retour de durée variable sur milieu normal ne provoque pas de grandes modifications dans l'activité mitotique (*figure*). Après une heure, par exemple, les index



C1, cholate de sodium 0,25 % une heure, puis retour d'une heure sur liquide de Knop au demi; T1, témoin correspondant; C2, cholate de sodium 0,25 %, une demi-heure, puis retour d'une heure; T2, témoin correspondant. IM, échelle des index mitotiques (nombre de mitoses pour 1000 cellules); P, prophases; M, métaphases; A, anaphases; T, télophases. 1, cinèses normales; 2, tropocinèses; 3, stathmodiérèses; 4, hémicinèses; 5, stathmocinèses.

mitotiques sont de 54,8 et 49,5 pour 1000 contre 60,4 et 51,1 chez les temoins; après 20 heures, de 37,4 et 36,4 contre 46,7 et 49,1 chez les témoins. On note parfois, mais rarement, la présence de quelques stathmométaphases après une heure. Morphologiquement, on observe une tuméfaction sub-terminale très nette des racines 48 heures après le traitement, puis l'allongement reprend normalement les jours suivants. C'est donc au-dessous du seuil mitoclasique qu'apparaît cette tuméfaction, comme cela a déjà été observé pour d'autres agents mitoclasiques ([2]).

Un traitement d'une heure permet d'observer une action mitoclasique nette. Une heure après celui-ci, l'activité mitotique est nettement diminuée (*figure*) et l'on rencontre des stathmocinèses, des hémicinèses et des stathmodiérèses. Après 2 heures 45 minutes de retour, les cinèses sont encore rares (336 dans l'ensemble d'un méristème, 391 dans un autre) et la proportion des anomalies est plus forte : nous avons, par exemple, observé dans un méristème 49 métaphases dont 10 tropo et 18 stathmo, 119 télophases dont 35 sans phragmoplaste et 3 stathmo. Le nombre des cellules binucléées peut alors atteindre 75.

([2]) G. Ostergren, *Hereditas*, 30, 1944, p. 429; G. Deysson, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 568.

Il résulte de ces expériences que l'on peut provoquer, avec le cholate de sodium, les divers troubles habituellement observés sous l'influence des agents mitoclasiques : stathmocinèses, hémicinèses, stathmodiérèses et même tuméfaction sub-terminale des racines. Pour cela, il est nécessaire d'éliminer l'action toxique générale du cholate de sodium en faisant agir celui-ci à des concentrations élevées, mais pendant des temps très courts.

SOCIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'association à* Chara *sp. pl. et* Tolypella glomerata *Leonh.* (Chareto-Tolypelletum glomeratæ *R. Corill.*) *des eaux alcalino-saumâtres de la baie d'Audierne (Finistère).* Note de M. **Robert Corillion**, présentée par M. Roger Heim.

Si la flore armoricaine des Charophycées commence à être connue, les associations formées par ces végétaux n'ont pas encore été décrites et leur étude, que nous avons commencée pour notre part dans l'Ouest de la France ([1]), n'a été esquissée jusqu'ici, à notre connaissance, que sur le littoral baltique ([2]). C'est donc une nouvelle association que nous présentons dans cette Note.

1. *Composition floristique.*

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Caractéristiques :								
Chara major Vaillant	3.3	2.1	4.3	4.3	4.4	4.4	+	2.1
» *polyacantha* A. Br.	2.2	+	1.1	+	—	+	—	—
Tolypella glomerata Leonh.	2.2	3.2	+	1.1	—	—	—	—
Chara crinita Wall.	—	—	—	+	2.1	+	5.5	1.1
» *vulgaris* (L.) Wall.	1.1	3.2	3.2	3.2	2.2	1.1	+	2.2
» *aspera* Wild.	3.3	2.2	2.1	+	+	2.1	+	+
Compagne :								
Chara fragilis Desv.	+	1.1	+	—	—	1.1	—	+

Tréguennec et Tréogat (Finistère) : relevés 1, 2, 3, 4, effectués au début de juin; relevés 5, 6, 7 et 8 en août. Aire échantillon : 1^{m^2}.

La flore de l'association est riche, dans ces relevés, si l'on considère l'habituelle pauvreté en espèces des associations de Charophycées. D'autres relevés, dans les presqu'îles de Pont-l'Abbé et de Crozon, ne nous ont pas donné un tableau aussi complet. On remarquera que *Chara major*, *Ch. vulgaris* et *Ch. aspera* sont constants dans tous les relevés.

2. *Localisation topographique, synécologie et périodicité.* — L'association se

(1) R. Corillion, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 596-598.

(2) J. Kornas et A. Medwecka-Kornas, *Bull. Ac. Pol. des Sciences et des Lettres*, série B., *Sc. Nat.*, 1948, p. 71-88.

développe dans les étangs, lagunes, mares et canaux parfois assez profonds (jusqu'à 2m,50) du littoral, sur fonds sablonneux fortement calcarifères (jusqu'à 42 % de CO_3Ca selon Kühnholtz-Lordat), en eau claire, légèrement saumâtre et à pH assez élevé (de 7,2 à 7,4; exceptionnellement 8 à 8,2). L'association est souvent fermée et son aspect physionomique lui est donné par les grands *Chara* [surtout *Chara major* ainsi que *Chara vulgaris*, plus rarement par *Chara crinita* (relevé n° 7, faciès)].

L'optimum de l'association est réalisé en juin, en raison de la végétation précoce du *Tolypella glomerata*. Des relevés tardifs ne permettraient plus de distinguer cette espèce (nos 5, 6, 7, 8).

3. *Comportement dynamique*. — L'association envahit surtout les sols vierges immergés, pour former très rapidement des prairies serrées. En eau assez profonde, elle précède une végétation à *Naias major* All., Potamots divers (*Potamogeton coloratus* Hornem., *P. pectinatus* L.) et *Ruppia rostellata* Koch. Sur les bordures, elle évolue fréquemment vers des associations du type *Scirpetum* (*Sc. Tabernaemontani* Gmel., *Sc. maritimus* L., *Sc. pungens* Vahl.).

4. *Aire géographique*. — En tenant compte du caractère cosmopolite ou sub-cosmopolite de la majorité des espèces, ainsi que de la localisation plus étroite de quelques autres (*Ch. crinita*, *T. glomerata*), il y a lieu de penser que l'association se retrouvera sous une forme à peine différente jusque dans des régions assez éloignées de la nôtre. En Europe occidentale, elle se remarquera ici et là depuis la Baltique jusqu'à l'Adriatique, sauf peut-être à l'Ouest de la péninsule ibérique où certaines espèces sont très rares ou absentes. En ce qui concerne particulièrement les Iles Britanniques, J. Groves et G. R. Bullock-Webster ([3]) signalaient déjà le mélange fréquent du *T. glomerata* et du *Chara vulgaris*, caractéristiques de notre association. La présence du *Chara crinita* au Sud de l'Angleterre confirmerait, pour ce pays, l'existence d'une végétation identique à celle que nous décrivons ici.

5. *Parenté sociologique*. — Notre association s'apparente au *Chareto-Tolypelletum* décrit par J. Kornas et A. Medwecka-Kornas ([2]) au Golfe du Gdansk (espèces communes : *Chara crinita*, *Ch. aspera*, *Ch. fragilis*).

Il s'agit, sur le littoral baltique, d'un *Chareto-Tolypelletum nidificæ* (*Tolypella nidifica* Leonh. se substituant à notre *T. glomerata*).

Les deux associations seraient probablement vicariantes l'une de l'autre en des points éloignés du littoral européen.

Enfin, le *Chareto-Tolypelletum glomeratæ* de nos eaux alcalino-saumâtres littorales doit apparaître, à la lumière d'une analyse attentive, comme une variété d'eau saumâtre d'un *Chareto-Tolypelletum glomeratæ* appauvri, que nous avons observé assez fréquemment dans les eaux continentales alcalines.

([3]) *The British Charophyta*, 1920.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur le pinitol des Légumineuses.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans un travail précédent ([1]) j'ai signalé la présence de pinitol (méthyl-*d*-inositol $C_6H_{11}O_5OCH_3$) dans une quarantaine de genres de Légumineuses. Pour mieux préciser la répartition de cet alcool, j'ai continué à le rechercher dans quelques autres genres et espèces de la même famille et dans certains organes non encore examinés de plantes déjà citées. L'étude des Légumineuses fourragères et alimentaires pourrait d'ailleurs présenter un intérêt si le pinitol était doué comme l'inositol de propriétés vitaminiques.

J'ai utilisé les méthodes d'extraction par l'acétone antérieurement décrites ([2]). Le pinitol obtenu a été identifié dans tous les cas par sa forme cristalline, son point de fusion 188°, sa sublimation au delà de 200°; il faut y ajouter de nombreuses vérifications de son pouvoir rotatoire ($\alpha_D = +65°$) et quelques dosages de sa fonction méthoxylée ($OCH_3 = 15,97$ %).

Le pinitol a été isolé des plantes suivantes :

1. Mimosoideæ. — *Albizzia Julibrissin* Durazz. (fruits, en novembre).

2. Cæsalpinioideæ. — *Schotia latifolia* Jacq. (rameaux); *Cassia marylandica* L. (feuilles); *Gymnocladus dioicus* C. Koch (fruits mûrs, graines).

3. Papilionatæ. — Sophoreæ : *Sophora japonica* L. (écorces de grosses branches, fruits verts en septembre); *S. viciifolia* Hance (feuilles); *Cladrastis lutea* C. Koch (fleurs).

Podalyrieæ : *Thermopsis montana* Nutt. (tiges vertes, folioles); *T. fabacea* DC. (folioles).

Genisteæ : *Lupinus polyphyllus* Lindl. (folioles); *Laburnum anagyroides* Med. (fleurs); *Spartium junceum* L. (fleurs, fruits en juillet).

Trifolieæ : *Ononis arvensis* L.; *O. spinosa* L.; *Trigonella Fœnum-Græcum* L.; *Medicago falcata* L.; *M. lupulina* L.; *Melilotus alba* Desr.; *Trifolium rubens* L.; *T. incarnatum* L. ([3]).

Loteæ : *Anthyllis vulneraria* L. (feuilles); *A. tetraphylla* L.; *Lotus siliquosus* L. (*Tetragonolobus siliquosus* Roth); *Dorycnium suffruticosum* Vill.; *D. s.* var. *sericeum* Beck (*D. germanicum* Rouy.); *D. rectum* Ser. (feuilles); *D. hirsutum* Ser.

Galegeæ : *Psoralea bituminosa* L. (feuilles); *Indigofera argentea* L. (feuilles); *Wistaria multijuga* Van Houtte (folioles); *Robinia Pseud'Acacia* L. (écorces); *R. Kelseyi* Cowell (écorces, feuilles); *Caragana Chamlagu* Lam. (feuilles, fleurs); *C. tragacanthoides* Poir. (fruits après déhiscence, en août); *Astragalus*

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 859.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1842; **227**, 1948, p. 85.

([3]) L'extraction a été effectuée sur les tiges feuillées pour toutes les plantes herbacées sans indication d'organe étudié.

glycyphyllos L.; *A. massiliensis* Lam.; *Oxytropis recognita* Bunge; *Glycyrrhiza echinata* L. (feuilles).

Hedysareæ : *Ornithopus compressus* L.; *O. sativus* Brot.; *Coronilla emeroides* Boiss. (fruits, en juillet); *C. minima* L.; *Hippocrepis comosa* L.; *H. multisiliquosus* L.; *Onobrychis sativa* Lam. (tiges, feuilles); *Arachis hypogæa* L.; *Lespedeza Thunbergii* Nakai (*Desmodium penduliflorum* Oudem.) (rameaux, feuilles).

Vicieæ : *Vicia Cracca* L.; *V. angustifolia* Clos.

Phaseoleæ : *Glycine Soja* Sieb. et Zucc. (feuilles).

Cette seconde liste porte à 172 le nombre de mes extractions du pinitol effectuées sur un ou plusieurs organes de 112 Légumineuses appartenant à 55 genres répartis dans les 3 sous-familles et dans toutes les tribus de Papilionatæ, à l'exception des Dalbergieæ pour lesquelles je n'ai pas pu me procurer de matériel d'étude.

En dehors des Vicieæ et Phaseoleæ, le pinitol a été rencontré dans *toutes* les Légumineuses étudiées; il peut se trouver dans tous les organes (tiges, feuilles, fleurs, fruits, graines), mais il semble surtout abondant dans les feuilles. Il n'a pas été obtenu avec les fleurs de *Robinia Pseud'Acacia* et les fruits verts de *Laburnum anagyroides*, bien que leurs écorces et leurs feuilles en aient fourni. Recherché dans les graines de 5 genres, il n'a été isolé que dans celles de *Gymnocladus dioicus*. Certains organes semblent donc dépourvus de pinitol.

Chez les Vicieæ et Phaseoleæ, le pinitol est beaucoup plus rare; il n'a été rencontré que dans les genres *Vicia*, *Glycine* et *Pueraria*. Je n'en ai pas obtenu à partir des plantes suivantes :

Vicieæ : *Vicia sativa* L.; *V. Faba* L.; *Lathyrus heterophyllus* L.; *L. latifolius* L.; *L. odoratus* L.; *L. sylvestris* L.; *L. niger* Bernh.; *L. vernus* Bernh.; *Pisum sativum* L.

Phaseoleæ : *Erythrina Crista-galli* L. (feuilles); *Apios tuberosa* Mœnch (tiges, feuilles); *Phaseolus vulgaris* L. (folioles, fruits verts); *P. multiflorus* Willd. (folioles); *Vigna Catjang* Walp. (folioles).

L'absence de pinitol dans ces Légumineuses a été confirmée par plusieurs essais effectués dans des conditions différentes : *Lathyrus heterophyllus* examiné à trois stades de sa végétation (juin, août, octobre), *Lathyrus* et *Phaseolus vulgaris* récoltés en divers endroits, *Erythrina* et *Apios* soumis à deux méthodes d'extraction. En outre, j'ai vérifié sur l'extrait aqueux ou acétonique de la plupart de ces plantes l'absence de pouvoir rotatoire dextrogyre important après fermentation par la levure de bière.

En résumé, la répartition étendue du pinitol chez les Légumineuses se trouve confirmée. Toutefois, de nombreuses Vicieæ et Phaseoleæ semblent en être dépourvues. Cette particularité biochimique qui est en discordance avec la systématique pourrait traduire une différence d'orientation entre l'évolution de ces espèces et celle des autres Légumineuses.

PHYTOCHIMIE. — *Le d-thévétose, constituant glucidique de la hongheline.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note récente ([1]) nous avons indiqué qu'on pouvait obtenir, à partir de *Adenium Honghel*, plante utilisée dans le Haut-Sénégal pour préparer un poison d'épreuve, un hétéroside cristallisé, la hongheline, auquel nous avons attribué la formule $C_{30}H_{46}O_8$.

Nous avons étudié la partie osidique de cet hétéroside : c'est le résultat de cette étude que nous rapportons ici.

La hongheline a été hydrolysée par chauffage à 100° pendant 5 minutes avec dix fois son poids du mélange de Kiliani (acide acétique : 35, acide chlorhydrique : 10, eau : 55). Dans ces conditions, l'aglucone est scindé totalement et même déjà fortement altéré. La liqueur d'hydrolyse, étendue de 5^{vol} d'eau, a été lavée au chloroforme, puis débarrassée de l'acide minéral par le carbonate d'argent; après élimination de l'excès d'argent par l'hydrogène sulfuré, on a chassé l'excès d'acide acétique par un courant de vapeur d'eau; la solution sucrée, préalablement amenée à l'état de sirop, a été abandonnée dans un dessiccateur; le sirop s'est pris lentement en une bouillie cristalline, qui, lavée avec un peu d'acétone, laisse des cristaux d'un ose réducteur fondant vers 116°; l'analyse de ce sucre (C : 47,3; H : 7,9) conduit à lui attribuer la formule $C_7H_{14}O_5$; la molécule de ce sucre contient un méthoxyle (OCH_3 : 16,2). Comme cet ose ne donne pas la réaction de Keller-Kiliani, ce n'est pas un désose, mais un méthylméthoxypentose.

En solution aqueuse il présente le phénomène de la mutarotation $[\alpha]_D^{20} + 84° \rightarrow + 33°$.

Si l'on confronte ces pouvoirs rotatoires avec ceux des méthylméthoxypentoses connus, on voit que seul le méthyl-3-méthoxy-*d*-glucose (ou *d*-thévétose) préparé synthétiquement sous le nom de 3-méthoxy-*d*-quinovose ([2]) possède des constantes se rapprochant de celles du sucre que nous avons isolé. Pour identifier l'ose de la hongheline, nous l'avons acétylé par l'anhydride acétique en présence de pyridine, et nous avons obtenu un produit cristallin dont l'analyse (C : 51,6; H : 6,7) correspond bien à la formule d'un triacétylméthylméthoxypentose, mais en réalité ce produit est un mélange des formes α et β-triacétylées. Pour résoudre ce mélange, nous avons chromatographié sur alumine une solution benzénique contenant $0^g,2$ de dérivés acétylés; l'élution par l'éther de pétrole a fourni tout d'abord $0^g,05$ de dérivé β, F 121°, $[\alpha]_D^{20} + 6°$ (acétone); ces constantes sont identiques à celles du β-triacétyl-*d*-thévétose. Les élutions

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 843. C'est par erreur que nous avons écrit dans cette Note *A. Hongkel*; il faut lire *A. Honghel* et par conséquent hongheline.

([2]) E. Vischer et T. Reichstein, *Helv. Chim. Acta*, **27**, 1944, p. 1332.

suivantes conduisent malheureusement à des mélanges; ces mélanges ont été rassemblés ($0^g,1$) et chauffés à 100° au sein de l'anhydride acétique en présence d'une trace de chlorure de zinc : nous avons ainsi obtenu finalement $0^g,05$ de dérivé α; F 105° $[\alpha]_D^{20}$ + 122° (acétone); ces constantes sont bien celles données pour l'α-triacétyl-*d*-thévétose (*loc. cit.*).

A ce point de notre travail nous ne possédions pas de dérivé authentique du *d*-thévétose pour parfaire notre identification; par contre nous avons pu préparer un échantillon de β-triacétyl-*l*-thévétose à partir de *l*-thévétose obtenu dans nos travaux antérieurs. Nous avons dissous dans l'acétone $0^g,015$ de ce dérivé et $0^g,015$ du dérivé β obtenu dans la chromatographie décrite ci-dessus : l'addition d'éther de pétrole à la solution acétonique fait apparaître de belles aiguilles fondant nettement à 155-156°; la très remarquable élévation du point de fusion montre bien que ces aiguilles représentent un racémique : le β-*d*-*l*-triacétylthévétose.

Ayant reçu de T. Reichstein un échantillon de β-*d*-triacétylthévétose synthétique, nous avons d'ailleurs pu ultérieurement préparer par mélange de ce produit avec son inverse optique, un racémique qui fond bien à 155-156° et qui s'est révélé identique au racémique décrit plus haut : l'ose obtenu par hydrolyse de la hongheline est donc bien le *d*-thévétose.

Nous avons préparé également le α-*d*-*l*-triacétylthévétose. Il fond nettement à 95° alors que ses constituants fondent à 105°. On remarquera que les résultats obtenus concernant les points de fusion de ces racémiques et de leurs constituants sont en tous points comparables à ceux publiés récemment par M. L. Wolfrom et H. B. Wood (3) pour les α et β-*d*-*l*-pentacétylglucopyranoses.

En résumé, alors que le *l*-thévétose est le constituant glucidique des digitaliques de *Tanghinia venenifera*, de *Thevetia neriifolia* et de *Cerbera Odollam*, l'ose du digitalique isolé par nous de *Adenium Honghel* est le *d*-thévétose. On observe ainsi un cas assez rare où les deux inverses optiques d'un même ose sont représentés dans le règne végétal.

PÉDOLOGIE. — *L'érosion par l'eau en France métropolitaine*. Note de MM. **Stéphane Hénin** et **Théophile Gobillot**, présentée par M. Albert Demolon.

On attribue généralement la perte de fertilité de nos sols métropolitains à un appauvrissement en matière organique consécutif à un mode de culture défectueux. Nous nous proposons de montrer que, par ailleurs, notre territoire est plus sévèrement touché qu'on ne le croit généralement par les phénomènes d'érosion qui viennent détruire la fertilité par transport de la couche arable.

---

(3) *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3175.

Il résulte d'une enquête récente, ordonnée par M. le Ministre de l'Agriculture et effectuée par les divers services départementaux du Ministère que 2 800 000^{ha} de terre souffrent de l'érosion par l'eau. Partant des résultats de l'enquête, on peut considérer qu'il existe en France trois zones. La première, la plus sévèrement touchée, comprend approximativement les départements situés dans une région délimitée par une ligne allant d'Andorre à Saint-Étienne et par une autre allant de Saint-Étienne à Modane. Une deuxième zone est constituée par les départements du Massif Central bordant la ligne Saint-Étienne à Modane et par les départements pyrénéens. Les 2 800 000^{ha} de terre figurant dans les résultats de l'enquête sont entièrement situés dans ces deux zones.

Cependant, les rapports des services départementaux signalent également l'existence de phénomènes d'érosion sur le restant du territoire, mais les services intéressés n'ont pas évalué, dans cette enquête sommaire, la surface affectée par le phénomène. Elle paraît néanmoins assez étendue et concerne des terrains calcaires ou très argileux situés sur les pentes le long des vallées. Dans ce cas particulier, l'érosion prend la forme insidieuse connue sous le nom d'érosion en couche ou en nappe. Son existence est démontrée par la faible épaisseur de la couche de terre arable qui tend à croître au voisinage des haies, des murs ou des limites inférieures de champs. Dans le cas de terrains en pente autrefois soumis à la culture de la vigne, la couche de terre arable est aujourd'hui souvent nulle.

Une dernière preuve de l'existence du phénomène et de sa nocivité est fournie par la présence d'anciens travaux de conservation, en particulier de banquettes. Nous avons pu constater par exemple les faits suivants dans la région de Metz, sur un terrain argileux en pente. Au milieu de la pente existent deux banquettes anciennes qui avaient attiré notre attention; le terrain voisin non aménagé était constitué par un sol argileux extrêmement fendillé; vers le bas de cette pente, au contraire, le terrain est léger, sablo-limoneux. Enfin, sur la partie de la pente située au-dessus de la banquette, le terrain, récemment labouré présentait à la suite d'un orage plusieurs traînées de sable blanc témoignant de l'existence de l'érosion dans la zone supérieure du champ. A mesure que l'on descend vers le Sud et surtout le Sud-Est du pays les marques de l'érosion deviennent de plus en plus évidentes. Dans la zone moyennement touchée, on trouve souvent à la suite des orages de l'érosion en rigoles et dans la zone la plus touchée, le phénomène va jusqu'au ravinement et au glissement du terrain (¹).

(¹) Les exemples les plus caractéristiques de ravinements se situent dans les marnes noires des Alpes du Sud, où le reboisement est souvent impossible par suite de la totale disparition du sol. Comme glissement de terrain, on peut citer ceux qui se sont produits dans la vallée de la Vésubie (Alpes-Maritimes).

Nous avons essayé en évaluant l'activité des facteurs climatiques à l'aide d'une formule analogue à celle qu'a utilisée Fournier (²), de comparer la situation dans notre pays avec celle qui existe dans d'autres régions du globe. Cette comparaison fait apparaître que l'intensité de l'érosion est, dans les régions méditerranéennes de France, d'Espagne et d'Italie, inférieure de peu à ce qu'elle est en Afrique du Nord; elle correspondrait aux régions moyennement touchées des États-Unis. Bien que ces derniers résultats aient besoin d'être confirmés, il est hors de doute que le phénomène existe et qu'il faut le combattre.

Remarquons d'ailleurs qu'à côté de l'érosion due aux pluies d'orage, il existe une érosion de printemps provoquée par les chutes de pluie ruisselant sur des sols dont les colloïdes argileux ont été peptisés par le gel; ce phénomène a été particulièrement marqué pendant l'hiver 1946-1947.

En définitive, si l'on ajoute aux 2 800 000^{ha} déjà évalués et correspondant aux terrains où l'érosion provoque des phénomènes très apparents, les surfaces affectées par l'érosion en couche, on peut évaluer à 4 ou 5 000 000^{ha} la surface totale à défendre. Il ne peut être question de reboiser toutes ces zones, d'une part parce que l'on risque ainsi d'y déséquilibrer la production agricole et d'autre part, parce que certains de ces terrains sont en vignobles ou sont susceptibles d'être très productifs lorsqu'ils sont bien aménagés. Il est donc nécessaire que l'on mette en œuvre le plus rapidement possible les méthodes assurant la conservation du sol.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action des humates sur une apatite broyée.* Note de MM. **Georges Barbier** et **Maurice Maroger**, présentée par M. Albert Demolon.

Il a été observé à plusieurs reprises que les humates dissous dans l'eau permettent à des particules de phosphates calciques peu solubles de se maintenir en suspension stable, et paraissent former avec elles une solution colloïdale homogène (¹), (²). Nous avons cherché à préciser la nature de ce phénomène.

Une solution colloïdale neutre d'humates calciques du fumier, préalablement soumise à une centrifugation énergique (19000^g) pour ne conserver que des particules finement dispersées (3,3 g/l) a été agitée, pendant 1 jour, avec 2^g,5 d'une apatite broyée, contenant 1 % de particules $< 2^\mu$, puis a été soumise à une centrifugation de 1500^g pendant 10 minutes. Le liquide surnageant

---

(²) *Bulletin de l'Association des géographes français*, nº 202-203, 1949, p. 97-103.

(¹) O. *Flieg. Zeits. f. Pflanz.*, 38, 1935, p. 222.

(²) R. Chaminade, *Ann. Agron.*, 1946, p. 229.

renferme alors $6^{mg},7$ P_2O_5 par litre, au lieu de 0,32 pour l'apatite agitée dans l'eau pure; (P_2O_5 dosé après floculation de l'acide humique par SO_4H_2, qui dissout l'apatite). Des humates calcique et ammonique de tourbe ont donné des résultats du même ordre.

Cependant le liquide intermicellaire ne contient pas plus de phosphates qu'il ne s'en dissout dans l'eau, comme le montre la dialyse à travers parchemin ($0^{mg},15$ P_2O_5 par litre dans un dialysat d'égal volume). Or, si l'on ajoute à la solution d'humates une solution neutre de phosphate calcique (6^{mg} P_2O_5 par litre de mélange) les phosphates restent entièrement dissous dans le liquide intermicellaire; ils dialysent jusqu'à égalité de concentration de part et d'autre de la membrane (les micelles humiques ne dialysent pas).

D'après ces faits, il est peu vraisemblable que les humates aient exercé une action dissolvante sur l'apatite; la seule conclusion certaine qu'on en puisse tirer est qu'ils ont entravé son dépôt.

Pour aller plus loin, nous avons soumis la suspension à des centrifugations successives de *g* croissant, et nous avons constaté que les particules d'apatite se sédimentent progressivement, indépendamment des humates :

Centrifugation		Phosphates demeurés dans la solution.		Humates demeurés dans la solution.	
(g).	(min).	mg P_2O_5 par litre.	%.	g/l.	%.
1 500	10...........	6,7	100	3,34	100
2 150	10...........	3,47	52	3,28	98
9 880	2...........	2,36	35	3,28	98
19 100	2...........	1,39	21	2,83	85
30 500	2...........	1,06	16	2,55	76

Les résultats ci-dessus montrent en outre que la majeure partie des phosphates se dépose avant que ne commence la sédimentation de la masse des humates. Il est possible que les particules d'apatite qui se sédimentent entraînent avec elles des humates adsorbés; quoi qu'il en soit, il est certain que le phosphate ne s'est pas lié de façon uniforme à l'ensemble des micelles humiques.

L'accroissement de la viscosité en présence d'humates (de l'ordre de 10 %) ne paraît pas suffisant pour rendre compte de l'action stabilisatrice des humates. Or les particules d'apatite possèdent une forte charge électropositive; la vitesse de cataphorèse dans l'eau de particules 2^{μ} atteint, d'après nos mesures, au moins 6.10^{-3} cm/sec dans un champ de 4,4 V/cm. (Il en est d'ailleurs de même pour des phosphates calciques précipités entre *p*H 7,2 et 8). L'attraction électrostatique entre ces particules et les granules humiques électronégatifs explique l'effet suspenseur de ces derniers.

Ces considérations n'excluent nullement que les humates puissent favoriser dans le sol le maintien ou le passage de phosphates en solution, par un tout autre mécanisme que celui étudié, a savoir par un phénomène de concurrence

ou d'échange entre les anions humique et phosphorique, ainsi que A. Demolon et E. Bastisse l'on établi ([3]). Nous mêmes avons observé que l'hydroxyde ferrique, à l'état de complexe colloïdal humico-ferrique, adsorbe beaucoup moins les phosphates, en solution, qu'un précipité d'hydroxyde ferrique libre.

Conclusions. — Les faits observés suggèrent que la poudre d'apatite, après agitation en présence d'une solution neutre d'humate, demeure dans un état de dispersion grossière, et prouvent, en tout cas, que l'humate n'a provoqué aucune dissolution mesurable, jusqu'à la finesse moléculaire, de l'apatite.

ZOOLOGIE. — *Le problème taxonomique des* Jæra marina *Fabr.* (J. albifrons *Leach*). Note de M. **Charles Bocquet**, présentée par M. Louis Fage.

Forsman ([1]) a décrit chez les *Jæra marina* des côtes scandinaves et américaines quatre races ou *sous-espèces* dont les ♂ diffèrent nettement par leurs caractères sexuels secondaires, tandis que les ♀ ne peuvent être déterminées avec certitude. Dans trois de ces formes, les différenciations des ♂ apparaissent sur les 6e et 7e pattes, la forme *albifrons* possédant un élargissement distal des carpopodites en un lobe très développé, garni de quelques soies, les ♂ *ischiosetosa* un feutrage très dense de soies sur les ischiopodites, et les ♂ *posthirsuta* de nombreuses soies courbes sur les carpo-méro- et ischiopodites. Seules, au contraire, les pattes 1 à 5 des ♂ *præhirsuta* portent un grand nombre de soies courbes sur les pro-carpo- et méropodites, les dernières pattes n'ayant pas de caractères marquants.

Forsman hésite à admettre comme race distincte les *Jæra* de Kiel dont les ♂ possèdent aux carpopodites des 6e et 7e pattes un lobe rappelant celui d'*albifrons*, mais moins développé, surtout distalement, et porteur de nombreuses soies. L'indépendance de cette 5e forme, que j'appellerai *syei* ([2]) est cependant prouvée par la stabilité, vérifiée sur des élevages, de ces différences.

J'ai trouvé aux environs de Roscoff les races *albifrons*, *ischiosetosa*, et *præhirsuta*, et une forme nouvelle que je dédie à Forsman.

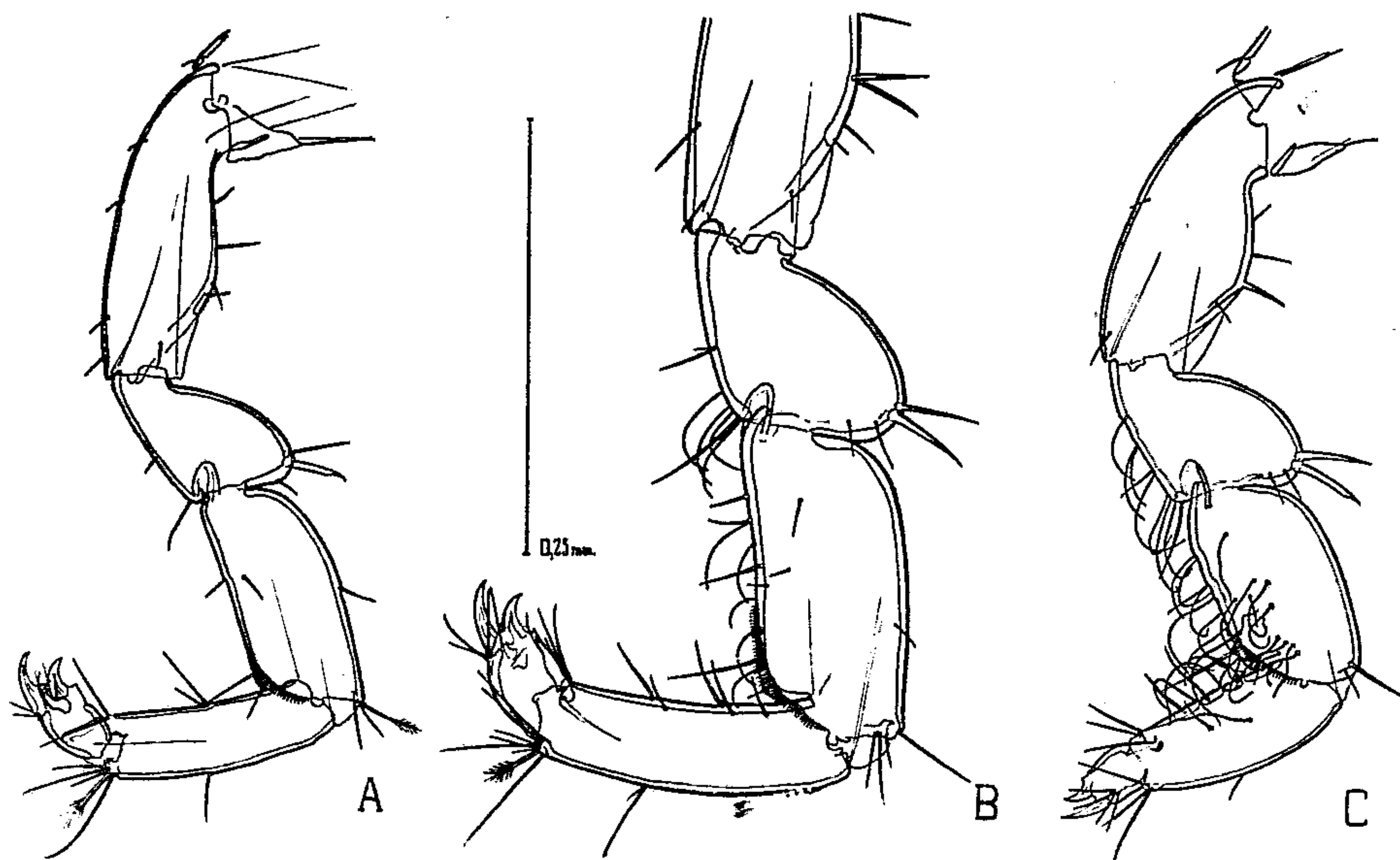
Caractères de la forme forsmani. — Les ♂ de taille moyenne ne présentent aucune des différenciations déjà très accusées chez des ♂ de même taille appartenant aux autres races, ni sur les premiers péréiopodes (différence avec *præhirsuta*), ni sur les derniers (différence avec les autres). Chez les vieux ♂ seulement apparaît, le long du carpopodite et au bord disal du méropodite des 3 premières pattes, un très petit nombre de soies courbes. Les pattes 6 et 7 ne présentent jamais ni lobe ni garniture particulière de soies : elles ont une forte épine à l'extrémité du carpopodite, à laquelle s'ajoutent chez les gros exemplaires une ou deux épines plus petites. L'apparition tardive et timide de différenciation,

([3]) *Ann. Agron.*, 1934, p. 53.

([1]) *Ark. f. Zool.*, Bd 35, A N° 11, 1944; *Zool. Bid.*, Bd 27, 1949, p. 451-463.

([2]) Dédiée à Sye qui a figuré le ♂ pour la première fois en 1889.

marque d'infantilisme, doit sans doute être mise en relation avec la croissance rapide et le gigantisme des ♂ *forsmani :* à un âge donné, ils sont plus grands que ceux des autres races; ils atteignent aussi une taille limite supérieure. Aucun trait morphologique important ne caractérise les ♀. Cette forme, étudiée sur des centaines d'individus recueilils à la grève ou élevés depuis 2 ans au laboratoire, est parfaitement stable.



Comparaison de *J. m. forsmani* (A et B) et *præhirsuta* (C). — A : P II d'un ♂ de 1mm,7; B : P I d'un ♂ de 2mm,7; C : P I d'un ♂ de 1mm,7; noter l'épaississement des articles chez *præhirsuta* et leur aspect normal chez *forsmani*.

La place des formes de *J. marina* dans la hiérarchie taxonomique pose un problème complexe. Il n'est pas prouvé qu'elles s'hybrident dans la nature, mais le fait que j'aie obtenu l'hybridation entre *albifrons*, *ischiosetosa* et *forsmani*, et que les hybrides soient féconds entre eux et avec leurs parents, exclut l'hypothèse d'espèces séparées (sibling species). Cependant, je ne crois pas qu'on puisse, avec Forsmann, les considérer comme autant de sous-espèces, si on emploie ce terme dans son sens rigoureux : en effet, il ne peut s'agir de races géographiques puisque plusieurs formes sont normalement sympatriques, et il est invraisemblable que des facteurs écologiques, intervenant en Bretagne ou en Suède, aient conduit à des races identiques, aux petites différences près, inéluctables entre deux populations.

D'ailleurs, nous ne faisons jamais que couper le continuum de l'évolution à des étapes aussi diverses que les sujets travaillés, et une terminologie taxonomique qui rendrait compte de l'infinité des cas possibles est inconcevable. Il semble préférable de délimiter le problème sans essayer de lui imposer une étiquette inadéquate.

L'origine commune des formes de *J. marina*, manifestée par la possibilité d'hybridation indéfinie de la plupart des races tout au moins, et par une parenté

génique se traduisant par des mutations parallèles, non homologues de celles que présentent les autres Isopodes, est une certitude éclatante. Mais il est certain aussi que des mutations morphologiques, en touchant les caractères sexuels secondaires, ont poussé certaines races très loin dans la voie de la spéciation et que des mutations physiologiques les ont accompagnées, qui ont contribué à isoler davantage ces populations, en les confinant, par voie de sélection, dans des niches écologiques les menant ainsi juste à la limite de l'espèce. Il est possible d'ailleurs, bien que ce ne soit pas encore démontré chez les *J. marina*, que certaines races aient déjà franchi le cap de l'hybridation et que, sans qu'elles paraissent pour autant plus différentes, on doive les considérer, dans l'état actuel de l'évolution, comme de vraies espèces.

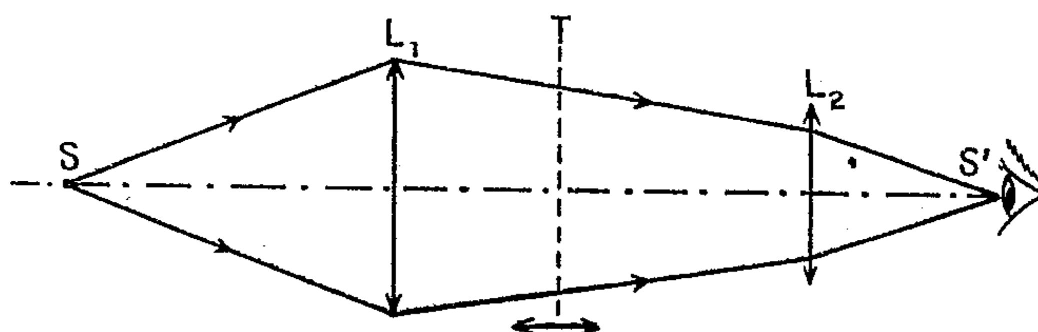
OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet des propriétés spéciales de la partie axiale du cristallin.* Note (*) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

Nous avons montré dans un travail antérieur [1] que d'après l'étude expérimentale de l'aberration sphérique de l'œil humain, on peut distinguer dans la partie du cristallin non recouverte par l'iris deux régions assez distinctes. Pour une distance à l'axe supérieure à $0^{mm},5$ le cristallin est une lentille presque parfaitement stigmatique, tandis que pour une distance à l'axe inférieure à $0^{mm},5$ il est entaché d'une forte aberration sphérique, très variable avec l'état d'accommodation. Cette partie axiale du cristallin est moins convergente que la partie périphérique lorsque l'œil est désaccommodé, et plus convergente que la partie périphérique lorsque l'œil est accommodé de quelques dioptries. Étant donné sa petitesse, elle n'intervient pratiquement pas pour des diamètres pupillaires égaux ou supérieurs à 4^{mm}, (autrement dit dans ce cas la meilleure image coïncide sensiblement avec l'image marginale), mais intervient par contre lorsque la pupille se contracte (la meilleure image se déplaçant alors vers l'image paraxiale). Ainsi la contraction pupillaire accompagnant l'accommodation favoriserait cette dernière, en faisant jouer un rôle plus grand à la partie axiale du cristallin, plus convergente que la partie périphérique dans l'œil accommodé.

Afin de vérifier expérimentalement ces considérations, nous avons déterminé les *punctum remotum* et *proximum* d'un œil, d'une part toute la pupille étant découverte, et d'autre part en cachant sa partie axiale. A cet effet nous avons réalisé un optomètre de Badal en lumière dirigée (*fig.* 1). L'œil placé en S' voit en lumière dirigée l'image du test T à travers la lentille L_2, et de la

(*) Séance du 14 décembre 1949.
[1] *Journal de Physique*, 10, 1949, p. 330.

position de ce test on peut déduire facilement les positions des *punctum remotum* et *proximum*. Si l'on place en S une source assez étendue, son image S' recouvre toute la pupille, si l'on place en S une source assez étendue munie



d'un petit disque central opaque, l'image de ce disque central se forme sur la partie axiale du cristallin, et cette dernière n'intervient plus dans la vision. Dans nos mesures une région centrale du cristallin de 1mm de diamètre était ainsi obturée.

Voici les résultats en lumières blanche, rouge et bleue, pour une brillance du test de l'ordre de 50 bougies par mètre carré :

Pupille entièrement découverte.

	Remotum.	Proximum.	Amplitude d'accommodation.
Blanc.............	+0,35	−6,10	6,45 dioptries
Rouge............	+0,35	−5,25	5,60 »
Bleu..............	−0,85	−6,40	5,55 »

On retrouve la variation de longueur d'onde de mise au point de l'œil en lumière blanche avec l'état d'accommodation (²), et le fait que l'amplitude d'accommodation est plus grande en lumière blanche qu'en lumière monochromatique (³).

Partie axiale du cristallin obturée.

	Remotum.	Proximum.	Amplitude d'accommodation.
Blanc.............	+0,20	−5,75	5,95 dioptries
Rouge............	+0,35	−4,90	5,25 »
Bleu..............	−0,85	−6,10	5,25 »

On voit que le remotum est sensiblement le même que la partie axiale du cristallin intervienne ou non, ce qui correspond au fait que pour des diamètres pupillaires égaux ou supérieurs à 4mm, la meilleure image coïncide avec l'image marginale. Par contre on voit que l'élimination de la partie axiale du cristallin

(²) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1156.
(³) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1751.

diminue l'amplitude d'accommodation (de 0,5 dioptrie en lumière blanche et légèrement moins en lumière monochromatique), ce qui confirme les considérations exposées au début de cette Note.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Influence de l'alimentation et de la lumière sur la reproduction sexuée de* Myzus persicæ (*Hem.* Aphidinæ). Note (*) de M. **Lucien Bonnemaison**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

J'ai élevé au laboratoire, sur des feuilles de Chou, des *fundatrigeniæ apteræ* récoltés le 25 avril 1947 sur le Pêcher; les élevages ont été conduits de manière à éviter l'action de l'effet de groupe et il n'est pas apparu un seul virginipare ailé durant tout le printemps et l'été. Le premier sexupare ailé adulte n'a été obtenu que le 7 octobre, alors que des sexupares ailés ont été notés en plein air sur le Pêcher dès le 23 septembre. Contrairement à ce que j'ai signalé ([1]) pour *B. brassicæ*, la production des sexupares ailés de *M. persicæ* peut donc avoir lieu indépendamment de l'effet de groupe. Des sexupares aptères sont devenus adultes au laboratoire à partir du 3 octobre; ils ont engendré des sexupares aptères, des sexupares ailés et des mâles. Des expériences poursuivies en 1948 et en 1949 ont montré que ces Pucerons pouvaient donner naissance, en outre, à des virginipares aptères ou ailés, mais il n'a pas été obtenu de femelles sexuées.

A l'automne, les sexupares ailés émigrent sur le Pêcher où ils produisent uniquement des femelles sexuées; des sexupares ailés ont été élevés en octobre et en novembre sur des rameaux de Pêcher, et, depuis le mois d'octobre, jusqu'au mois de mai, sur des feuilles de Chou. Ils ont produit exclusivement des femelles sexuées sur le Pêcher. Sur le Chou, il a pu être obtenu uniquement des femelles qui ont pondu normalement après accouplement, mais leur descendance peut comprendre d'autres formes. Pendant le mois d'octobre la durée du jour (11^h30^m à 10^h) est optimum pour la production des sexués. Ces conditions existent à nouveau au début de mars; par la suite, l'allongement du jour est moins favorable à la reproduction sexuée. Quelques sexupares ailés, nourris de feuilles de Chou, engendrent encore exclusivement des femelles, d'autres des femelles, des sexupares aptères ou ailés, des virginipares aptères ou ailés, mais certains produisent des mâles en mélange avec des sexupares ailés ou aptères et des virginipares. Dans des cas relativement rares, les sexupares ailés produisent à la fois des mâles, des sexupares ailés et des femelles. Il semble que les sexupares ailés soient capables de produire :

uniquement des femelles sexuées, lorsqu'ils sont alimentés de feuilles de Pêcher à l'automne;

(*) Séance du 14 décembre 1949.

([1]) L. Bonnemaison, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 209-210.

des femelles sexuées et des virginipares ailés, losrqu'ils se nourrissent de feuilles de Chou à l'automne ou à la fin de l'hiver;

des femelles ou des mâles en mélange avec des sexupares et des virginipares, lorsqu'ils s'alimentent de feuilles de Chou et que la durée de l'éclairement est supérieure à l'optimum, ou encore dans les lignées où la tendance à la production des formes sexuées est faible.

Dans une lignée de *M. persicæ*, où la reproduction parthénogénétique a été maintenue par l'exposition permanente des Pucerons à la lumière, des aptères ont été prélevés le 2 janvier et élevés, ainsi que leur descendance, à la lumière naturelle et à une température moyenne de 20°. A la première génération (Insectes devenus adultes du 13 janvier au 3 février), il a été obtenu un grand nombre d'aptères et quelques virginipares ailés; à la seconde génération(adultes du 7 février au 5 mars), les aptères ont produit 42 % de sexupares ailés et de mâles et les ailés 100 % de virginipares aptères. La composition des différentes générations a été la suivante :

Générations.	Dates des mues imaginales.	Nature des géniteurs. Aptères.				Ailés.		
Première...	13 janv.- 3 fév.	260 A [1]	10 L			—		
Deuxième..	7 fév. - 5 mars	172 SA	16 L	23 SL	91 M	59 A		
Troisième.	25 fév. -23 mars	95 SA		7 SL	83 M	85 SA	3 M	
Quatrième.	18 mars- 6 avril	11 SA		117 SL	134 M	76 SA	15 M	
Cinquième.	27 mars-21 avril			8 SL	34 M			30 F

[1] A = V. aptères; L = V. ailés; SA = sexupares aptères; SL = sexupares ailés; M = mâles; F = femelles.

Il y a donc eu, par suite du renforcement de la tendance à la production des sexués due à la succession des générations et à l'augmentation de la longueur du jour, une gradation très nette dans la nature de la descendance des aptères et des ailés. Pour ces derniers, elle s'est traduite finalement par la production exclusive de femelles sexuées, telle qu'on l'observe en automne avec les sexupares ailés s'alimentant de feuilles de Pêcher; le terme de transition entre ces femelles et la reproduction parthénogénétique est représenté par les mâles.

Il peut être tiré de ces expériences les conclusions suivantes :

1° Les sexupares ailés et les femelles sexuées peuvent pondre sur les Choux.

2° La nourriture fournie par des feuilles de Chou peut provoquer chez les sexupares ailés, le remplacement de la reproduction sexuée par la reproduction parthénogénétique.

3° Elle peut également permettre la production des mâles. Les sexupares ailés de *M. persicæ* sont donc capables d'engendrer toutes les formes que peuvent présenter les *Aphidinæ*, à l'exception des fondatrices; les sexupares aptères de *B. brassicæ* présentent les mêmes possibilités.

BIOLOGIE. — *Mise en évidence de l'action antitoxique d'un antihistaminique de synthèse vis-à-vis de l'histamine chez la Souris par la surrénalectomie.* Note (*) de MM. **Bernard Halpern** et **Derek Wood**, transmise par M. Robert Courrier.

Il est bien établi que la Souris est spontanément très peu sensible à l'histamine. Si l'on exprime cette toxicité par rapport à l'unité de poids, elle s'avère, chez la Souris, deux cents fois moindre que chez le Cobaye ([1]).

Dès les premiers essais sur les antihistaminiques de synthèse, on fut surpris de constater que ces corps, capables de protéger les diverses espèces animales: Cobaye, Lapin, Chien, contre plusieurs, voire même des centaines de doses mortelles d'histamine, ne purent protéger la Souris contre une seule dose léthale. Bien au contraire, certains de ces composés semblaient accroître la toxicité de l'histamine chez la Souris. Ce fait demeura jusqu'à maintenant inexplicable. Dès 1920, Dale a montré ([2]) que la surrénalectomie augmente la sensibilité du Chat vis-à-vis de l'histamine. Ce fait a été vérifié et retrouvé sur d'autres espèces animales. Les travaux expérimentaux ont pu démontrer que l'accroissement de la toxicité de l'histamine chez les animaux surrénalectomisés était dû à l'absence de l'hormone médullo-surrénale ([4]), ([5]).

En effet, l'administration de l'adrénaline est capable de palier en partie à cet état de sensibilité accrue à l'histamine ([5]).

Nos recherches actuellement en cours suggèrent que la surrénalectomie intervient en exaltant considérablement l'effet de l'histamine sur la perméabilité capillaire chez la Souris. Alors que chez la Souris normale, des modifications de l'hémoconcentration, sous l'effet de doses même élevées ($25^{mg}/20^{g}$) d'histamine, sont très atténuées, une dose beaucoup plus faible ($0^{mg},5/20^{g}$) de cette amine chez l'animal surrénalectomisé est capable d'entraîner une fuite de plasma de l'ordre de 50 % et davantage. La carence en hormones médullo-surrénaliennes aurait donc pour conséquence d'aggraver l'effet des poisons agissant sur la perméabilité capillaire. Cette hypothèse trouve son appui dans les constatations expérimentales que l'un de nous (Halpern) vient de faire relativement à l'action de l'adrénaline sur l'œdème du Rat provoqué par l'ovalbumine.

(*) Séance du 25 juillet 1949.

([1]) W. Feldbebg et E. Schilf, *Histamin.*, 1 vol., Berlin, 1930; Springer, édit.

([2]) H. H. Dale, *British J. Exp. Med.*, 1, 1920, p. 103.

([3]) C. H. Kellaway et S. J. Cowbil, *J. of Physiol.*, 57, 1923, p. 82.

([4]) J. Marmoston-Gottesman et N. J. Gosttesman, *J. Exp. Med.*, 97, 1928, p. 803.

([5]) L. C. Wyman, *Amer. J. of Physiol.*, 87, 1929, p. 29.

Les récentes recherches de l'un de nous ([6]) ont montré que certains antihistaminiques de synthèse, et plus particulièrement le phénergan, exercent un effet remarquable sur la perméabilité capillaire. Cette constatation nous a amenés à étudier comment agissent les antihistaminiques de synthèse chez la Souris surrénalectomisée dont le système capillaire est devenu très sensible à l'histamine.

Technique. — Chez des souriceaux de 20^g, on a d'abord déterminé la dose de bichlorhydrate d'histamine qui produit une mortalité de 50 %. Les animaux de la même provenance ont été surrénalectomisés, et leur sensibilité à l'histamine étudiée 48 heures après l'opération. Enfin, sur un autre lot d'animaux surrénalectomisés depuis 48 heures, nous avons établi ensuite la dose léthale d'histamine, mais administrée une demi-heure après l'injection hypodermique de $0^{mg},4/20^g$ de phénergan (3277 R. P.).

Résultats. — *a. Toxicité de l'histamine chez la Souris normale.* — Nos essais montrent que chez la Souris normale, la dose d'histamine, qui détermine une mortalité supérieure à 50 %, est de $50^{mg}/20^g$, par voie péritonéale.

La mort survient en général dans les deux heures qui suivent l'injection.

b. Toxicité de l'histamine chez la Souris surrénalectomisée. — Les chiffres consignés dans le tableau I montrent que chez la Souris surrénalectomisée, la toxicité de l'histamine est considérablement accrue. La dose léthale pour plus de 50 % des animaux, est de $0^{mg},5/20^g$, c'est-à-dire 100 fois moindre que celle qui est nécessaire chez la Souris normale.

Tableau I.

Dose de bichlorhydrate d'histamine en mg/20g.	Nombre d'animaux utilisés.	morts.	Mortalité (%).
0,2	3	0	0
0,5	15	8	53
1	9	7	78

c. Effet du phénergan sur la toxicité de l'histamine chez la Souris surrénalectomisée. — Alors que, chez la Souris normale, l'administration préalable de phénergan ne modifie pas la toxicité de l'histamine, qui demeure au taux de $50^{mg}/20^g$, il en est tout différemment pour la Souris surrénalectomisée. Chez cette dernière, l'administration préalable de $0^{mg},4/20^g$ de 3277 R. P. ramène la dose d'histamine de $0^{mg},5/20^g$ à $50^{mg}/20^g$, c'est-à-dire à la dose léthale chez l'animal normal (Tableau II).

([6]) B. N. Halpern, *Acquisitions médicales récentes*, Paris, 1948.

TABLEAU II.

Dose de bichlorhydrate d'histamine en mg/20g.	Dose de phénergan — en mg/20g.	Nombre d'animaux utilisés.	morts.	Mortalité (%).
5	0,4	5	0	0
10	0,4	5	0	0
25	0,4	9	1	11
50	0,4	11	6	55

Conclusions. — La surrénalectomie accroît chez la Souris la toxicité de l'histamine de 100 fois environ. Chez l'animal surrénalectomisé, et rendu par cela même hypersensible à l'histamine, il est possible par l'administration préalable de phénergan d'accroître d'environ 100 fois sa tolérance à l'histamine. L'étude de l'hémogramme révèle que l'accroissement de la toxicité de l'histamine par la surrénalectomie est dû à une augmentation de la sensibilité de la paroi capillaire à l'histamine. C'est par son effet sur la perméabilité capillaire qu'agit l'antihistaminique de synthèse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la toxicité pour le Rat blanc d'un nouveau dérivé d'oxydation de la vitamine* A. Note (*) de MM. **Paul Meunier, Jacques Jouanneteau** et **Raymond Ferrando**, présentée par M. Maurice Javillier.

Au cours d'essais sur l'action de divers oxydes métalliques sur la vitamine A en solution éthéro-pétrolique, nous avons obtenu par substitution de l'oxyde de vanadium (V_2O_4) à l'oxyde de manganèse (1), un dérivé de la vitamine A encore inconnu, absorbant dans l'ultraviolet à 255, 290 et $340^{m\mu}$ et fournissant, avec $SbCl_3$, une réaction d'halochromie rouge vineux (correspondant à un maximum d'absorption à $545^{m\mu}$, avec $490^{m\mu}$ comme maximum secondaire). Quoiqu'un *chromogène* à $545^{m\mu}$ ait déjà été signalé par G. Wald (2), au cours de l'oxydation de l'axérophtol par MnO_2, nous ne pensons pas que celui-ci soit identique au corps obtenu par nous-mêmes en utilisant V_2O_4 et que nous désignerons sous le nom de corps Z.

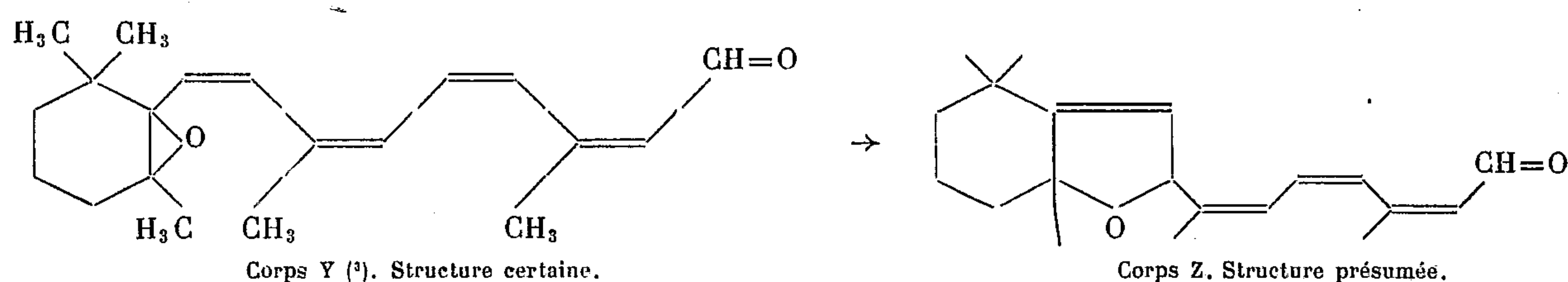
D'autre part, nous avons retrouvé les caractéristiques spectrales de ce corps Z en traitant l'époxyde du rétinène, récemment décrit par nous-

(*) Séance du 14 décembre 1949.

(1) Dans l'élégant procédé décrit par Ball, Goodwin et Morton (*Biochem. Journ.*, 40., 1946, p. 59) on obtient directement avec MnO_2 l'axérophtal ou rétinène à partir de l'axérophtol.

(2) *Journ. of Gen. Physiol.*, 31, 1948, p. 489.

mêmes [3] sous le nom de corps Y, par l'acide acétique pur pendant 24 heures. Dans les deux cas, le corps Z se combine avec le réactif de Girard et Sandulesco [4] pour fournir une hydrazone entièrement soluble dans l'eau. La présence d'un carbonyle est d'ailleurs confirmée par l'obtention d'une dinitro-phényl-hydrazone cristallisée (F 123°). La détermination exacte de la structure de ce nouvel aldéhyde dérivé de la vitamine A est actuellement poursuivie. On peut suggérer que le corps Z provient du corps Y par un remaniement de l'époxyde en un dérivé furanoïde [5].



Corps Y [3]. Structure certaine. Corps Z. Structure présumée.

L'étude biologique du corps Z était d'autant plus intéressante à effectuer que le corps Y, époxyde de l'axérophtal, s'était révélé actif comme vitamine A [6]. Ces essais, conduits comme pour le corps Y, ont fourni des résultats absolument inattendus : le nouveau dérivé d'oxydation de la vitamine A, dérivé Z, ne présente aucune trace d'activité vitaminique A, mais au contraire semble précipiter la carence et avoir des effets toxiques propres.

Tandis que les rats au régime de base sans vitamine A présentent une survie moyenne de 34 jours et que l'addition de $2^{\gamma},5$ de vitamine A par jour leur assure un développement normal, l'administration de 12^{γ} par jour de corps Z abaisse la survie moyenne à 19 jours. Les lots recevant quotidiennement 25^{γ} et 50^{γ} du corps Z présentent une survie intermédiaire entre celle du groupe précédent et celle des carencés ordinaires, mais la perte de poids est plus importante qu'avec 12^{γ}. En même temps, chez les rats ainsi intoxiqués, les signes de xérophtalmie apparaissent plus vite que chez les carencés ordinaires et l'on note aussi de nombreuses hémorragies périarticulaires. Enfin, fait capital, il est impossible de rétablir une croissance normale, même par administration de vitamine A aux doses journalières de 2,5 à 50^{γ}, chez les rats intoxiqués par le corps Z, bien que cette addition de vitamine prolonge notablement la survie de ceux-ci. Les recherches faites dans le foie semblent confirmer l'impossibilité pour la vitamine A de reprendre sa place dans le tissu hépatique des animaux intoxiqués.

L'analyse spectrale des extraits de foie témoigne en effet de la présence dans

(3) P. MEUNIER, R. MALLEIN et J. JOUANNETEAU, *Bull. Soc. Chim. Biol.* 31, 1949, p. 965.
(4) *Helv. Chim. Acta*, 19, 1936, p. 1105.
(5) P. KARRER et E. JUCKER, *Helv. Chim. Acta*, 28, 1945, p. 427.
(6) P. MEUNIER et R. FERRANDO, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 227-230.

ceux-ci du corps Z, reconnaissable par sa réaction d'halochromie à $545^{m\mu}$, et de l'absence de la vitamine A, même après administration de 50^{γ} de cette dernière, par jour, à des rats en cours d'intoxication par Z. Rappelons que la vitamine A, décelable par l'absorption à $328^{m\mu}$, est couramment retrouvée dans les extraits hépatiques de rats ayant reçu seulement $2^{\gamma},5$ de vitamine A par jour.

On peut considérer le corps Z, dérivé d'oxydation de l'axérophtol, comme le premier exemple typique d'une anti-vitamine A.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur des différences chimiques entre des souches virulentes et non virulentes de* Mycobacterium tuberculosis (1). Note de MM. **Jean Asselineau** et **Edgar Lederer**, transmise par M. Maurice Javillier.

Les cires du bacille tuberculeux, purifiées d'après R. J. Anderson (2), peuvent être séparées en deux fractions par l'acétone bouillante. La *première*, soluble, est généralement exempte d'azote et de phosphore et contient, dans le cas des souches humaines virulentes, de 65 à 80 % d'acide mycolique libre (Tableau).

La *deuxième* fraction, insoluble dans l'acétone chaude, est un *lipopolysaccharide azoté et phosphoré* (3). Dans le cas des souches humaines *virulentes* (Æschbacher, H 37-Rv, Test) ce lipopolysaccharide atteint 7,6 % du poids sec des bacilles et fond entre 220 et 230°. La souche R_1, faiblement virulente, n'en contient que 2,1 %. La souche *avirulente* H 37-Ra ne renferme que 0,56 % d'un lipopolysaccharide F 52-57°, qui se rapproche ainsi de celui de la souche bovine Vallée. Le lipopolysaccharide du B. C. G. prend, par sa quantité et son point de fusion, une position intermédiaire entre ces deux types. Le Tableau illustre la différence chimique frappante entre les deux souches d'origine commune, H 37-Rv et H 37-Ra (4).

Le lipopolysaccharide à haut point de fusion, dont nous avons mentionné (3) la similitude avec le « PMKo » de N. Choucroun (5) renferme environ 1,1 %

(1) 5e *Communication sur les constituants du bacille tuberculeux;* pour la quatrième *voir* référence (6).

(2) *J. Biol. Chem.*, 74, 1927, p. 525 et 83, 1929, p. 505.

(3) J. Asselineau et E. Lederer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 492 et J. Asselineau, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 791.

(4) *Sur l'origine de ces souches*, voir W. Steenken et L. U. Gardner, *Am. Rev. Tuberc.*, 54, 1946, p. 62.

(5) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 104 et *Am. Rev. Tuberc.*, 56, 1947, p. 203; N. Choucroun (*Science*, 98, 1943, p. 327) avait déjà remarqué que de deux souches, la plus virulente donnait une plus grande quantité de « *PMKo* ».

d'azote. Nous avons montré (⁶) que dans le cas du « PMKo » (de la souche humaine PB 15) cet azote est dû à la présence d'ammoniaque et de trois acides aminés : alanine, acide glutamique et un acide identique à celui que E. Work[7] a isolé du bacille diphtérique et qu'elle identifie avec l'acide α, ε-diaminopimélique [8]. Les lipopolysaccharides isolés des souches humaines Aeschbacher, H 37-Rv, Test et R_1 *renferment ces mêmes trois acides aminés*. La fraction correspondante du B. C. G. contient de nombreux acides aminés, à l'exclusion de l'acide α, ε-diamino-pimélique; celles des deux autres souches sont exemptes d'acides aminés.

Composition des cires de diverses souches de Mycobacterium tuberculosis.

Souches	Humaines.					Bovine.	B. C. G.
Nom	Aeschbacher.	H 37-Rv.	Test.	R₁.	H 37-Ra.	Vallée.	—
Virulence	+++	+++	++	—	—	±	—
Cires brutes.							
% du poids sec des bacilles.	8,9	8,4	10,7	5,2	6,8	8,3	9,0
Cires purifiées. 1° Fraction soluble dans l'acétone.							
% des cires brutes	7,0	6,0	41,2	19,7	83,5	73,0	59,0
F	53–58°	54–57°	50–55°	61–70°	55–58°	35–44°	40–48°
% d'acide mycolique libre.	64,9	68,1	81,8	–	–	0	0
Cires purifiées. 2° Fraction insoluble dons l'acétone (lipo-polysaccharide).							
% des bacilles secs	7,6	7,3	6,2	2,1	0,54	0,56	1,6
% des cires brutes	85,2	86,3	58,0	41,1	8,0	6,8	17,8
F	218–223°	210–225°	224–230°	205–215°	52–57°	60–80°	140–170°
Acid./mg(mm³ KOH N/10).	2,2	2,4	2,0	1,8	1,6	1,0	2,1
N	1,22 %	1,1 %	1,0 %	1,0 %	traces	0,5 %	1,35 %
P	0,34 »	0,18 »	0,11 »	–	0,37 %	–	0,30 »
Acides aminés	alanine + acide glutamique + acide α, ε-diamino-pimélique				néant	néant	nombreux
Réaction de Dubos	+++	+++	+++	++	–	+	++

Les bacilles ont été immergés vivants dans un mélange d'alcool et d'éther. La souche *Aeschbacher* provenant du poumon d'un phtisique, nous a été fournie par le Professeur F. Roulet (Bâle). Les autres souches, provenant de l'Institut Pasteur, ont été cultivées sur milieu de Sauton dans le service du Dʳ J. Bretey. Les chiffres relatifs à la souche bovine *Vallée* ont été obtenus dans notre laboratoire par Mˡˡᵉ H. Demarteau.

(⁶) J. Asselineau, N. Choucroun et E. Lederer, *Biochim. et Biophys. Acta*, 5, 1950, (sous presse).

(⁷) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 138 et *Biochim. et Biophys. Acta*, 3, 1949, p. 400.

(⁸) E. Work, *Nature*, London, 165, 1950 (sous presse); *Biochemical Society London*, séance du 16 décembre 1949.

R. Dubos et G. Middlebrook (9) ont décrit une réaction permettant de distinguer les souches virulentes et avirulentes. Les bacilles, mis en suspension dans un tampon alcalin et additionnés de rouge neutre, se colorent en rouge s'ils sont virulents, en jaune s'ils sont avirulents. P. Hauduroy et Y. Posternak (10) confirment la valeur de cette réaction. En appliquant la réaction de Dubos à nos fractions de cires, nous avons trouvé que *l'acide mycolique se colore en rose* et que le *lipopolysaccharide des souches humaines virulentes se colore en rouge intense*. Les fractions analogues des souches avirulentes se colorent plus faiblement.

En résumé : Des souches virulentes humaines de *Mycobacterium tuberculosis* renferment une forte proportion d'un lipopolysaccharide azoté et phosphoré, à haut point de fusion et contenant les trois acides aminés : alanine, acide glutamique et acide α, ε-diamino-pimélique. La coloration de R. Dubos, caractéristique des souches virulentes, semble être due à ce lipopolysaccharide, ainsi qu'à de l'acide mycolique libre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'action antagoniste de la d(+) leucine sur la croissance de certaines espèces bactériennes* (1). Note de M. **Jacques Nicolle**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

1. Dans deux précédentes Notes (2), (3) nous avons montré que la *l*(—) leucine (antipode naturel) était acceptée comme source de carbone, par huit espèces et comme source d'azote par treize espèces sur les treize étudiées.

La *d*(+) leucine par contre n'a pu être utilisée par aucune des espèces considérées comme source de carbone et seulement (mais faiblement) par les souches de Gärtner et de Protéus comme source d'azote seulement.

2. En raison de ce qui précède nous nous sommes demandé si l'on pouvait aller plus loin et si la *d*(+) leucine ne possédait pas une action antagoniste sur les croissances bactériennes. Dans 300$^{cm^3}$ de notre milieu synthétique habituel (4) contenant en particulier 0^g,09 de glucose et 0^g,225 de sulfate d'ammoniaque, nous avons introduit dans chaque flacon des doses variables de *d*(+) leucine. Nos premières études ont porté sur les espèces suivantes : *Salmonella Enteritidis* ex. *Typhi murium*, *E. Coli*, *Shiga*.

(9) *Amer. Rev. Tuberc.*, 58, 1948, p. 698.
(10) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 781 ; *Ann. Inst. Pasteur*, 77, 1949, p. 91.

(1) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.
(2) J. Nicolle et Y. Joyeux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 161.
(3) J. Nicolle et Y. Joyeux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1057.
(4) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur*, Paris, 67, 1941, p. 177.

Il résulte de très nombreuses expériences préliminaires qu'à partir d'une proportion donnée de $d(+)$ leucine les croissances des espèces envisagées se trouvent diminuées et que pour une certaine concentration, on peut même arrêter complètement toute croissance.

3. Des mesures plus précises nous ont permis de tracer les courbes que nous donnons ci-dessous et qui montrent les variations de croissance par des études de densités optiques effectuées au moyen de l'électrophotométre de Meunier.

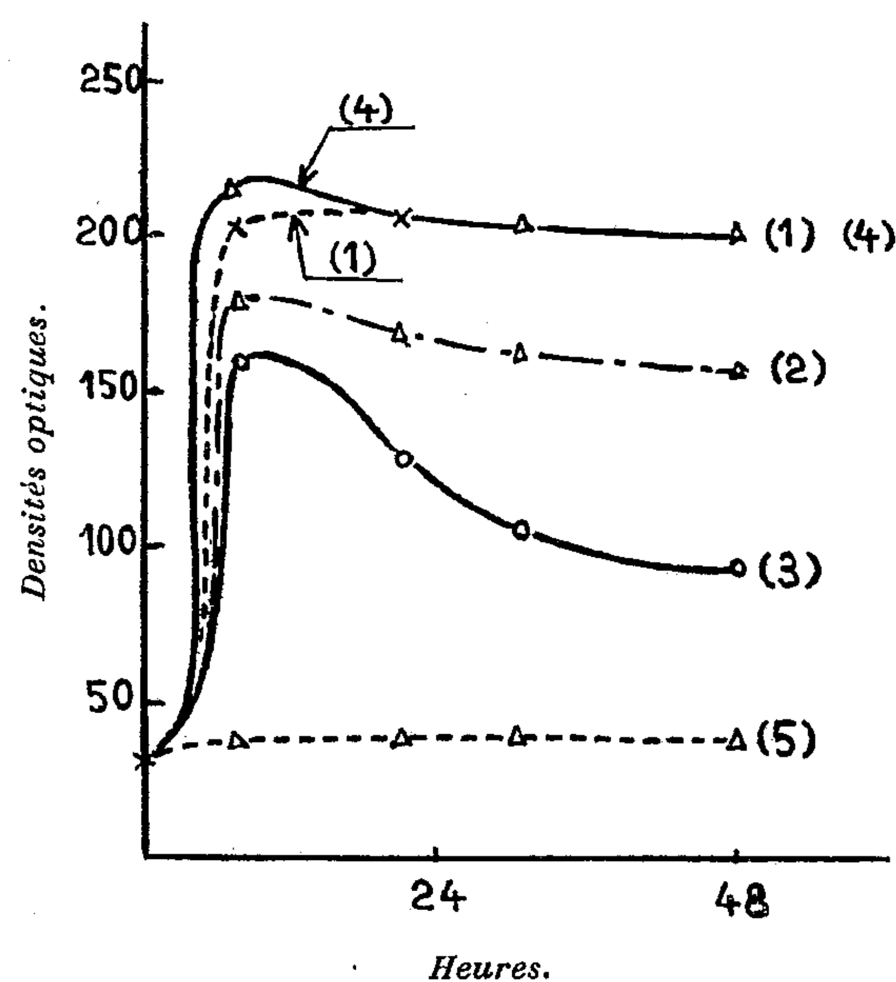


Fig. 1. — Souche de *Salmonella Entérétidis ex-Typhi murium* en milieu synthétique avec $d(+)$ glucose. (1), addition de 1^{mg} de $d(+)$ leucine par cm^3; (2), addition de 2^{mg},4 de $d(+)$ leucine par cm^3; (3), addition de 4^{mg},4 de $d(+)$ leucine par cm^3; (4), sans addition de $d(+)$ leucine; (5), témoin sans source de carbone. Remarque. Après 24 heures les courbes (1) et(4) se confondent.

4. Nous avons repris avec $l(-)$ leucine les expériences que nous avons décrites aux titres 2 et 3. Dans ces cas, nous avons obtenu des croissances supérieures à celles réalisées avec le $d(+)$ glucose seul, ce qui indique que les actions de ces deux corps s'ajoutent. On voit bien par cette contre-épreuve que la $d(+)$ leucine agit comme antagoniste.

5. Enfin, ayant à nouveau opéré dans les conditions des titres 2 et 3, nous avons ajouté, au milieu, des doses croissantes de $l(-)$ leucine. Si l'on compare en particulier les courbes (1) et (4) de la figure 2 on voit que la $l(-)$ leucine annule l'action antagoniste de son antipode optique.

Conclusion. — On peut conclure de ce qui précède que non seulement la $d(+)$ leucine ne convient pas comme source de carbone ni comme source

d'azote pour les espèces envisagées mais possède même une action antagoniste sur la croissance de ces espèces.

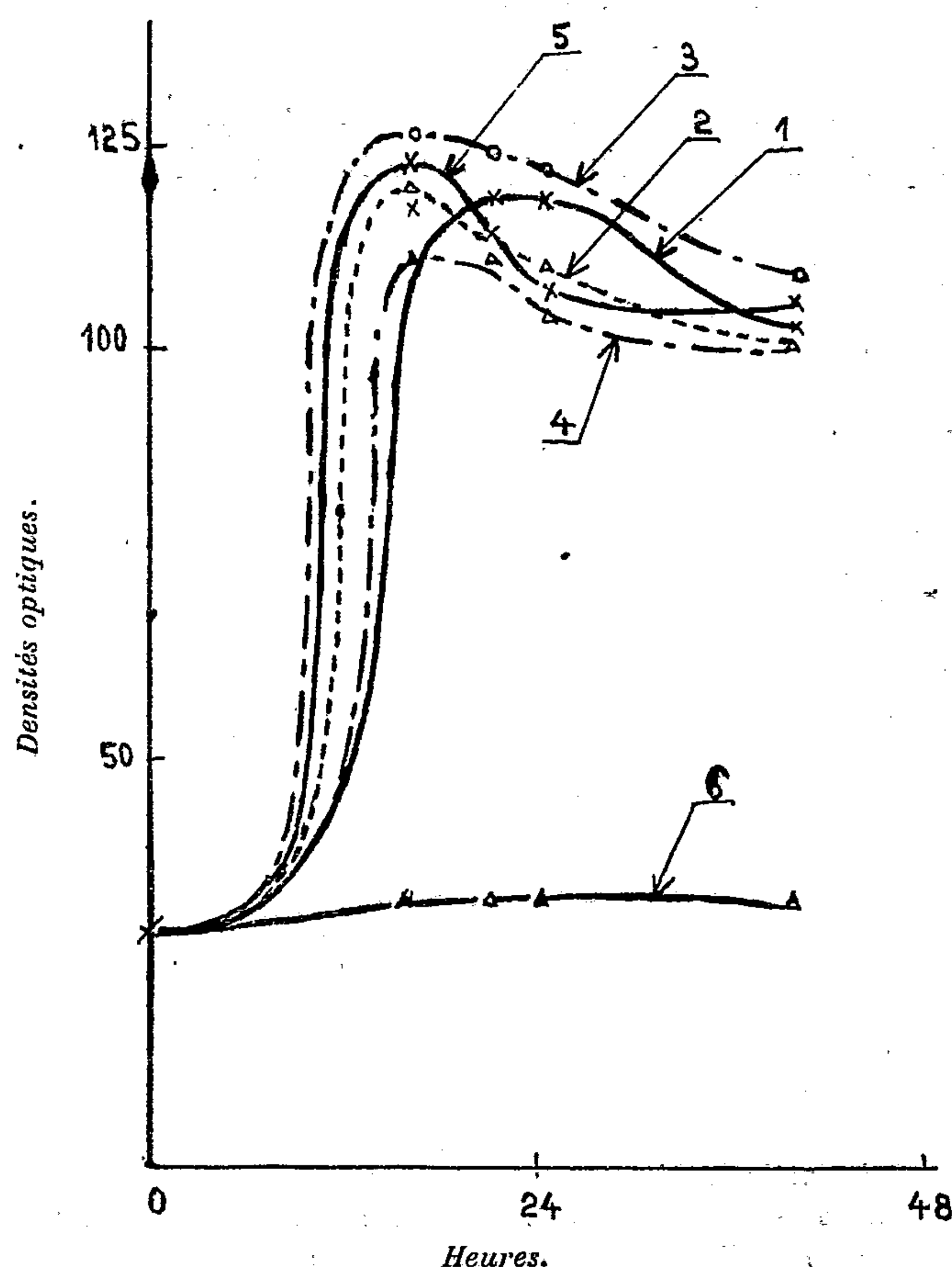


Fig. 2. — Souche de *Salmonella Enteritidis ex-Typhi murium* en milieu synthétique avec $d(+)$ glucose et $d(+)$ leucine, $1^{mg},46$ par cm^3. (1), addition de 1^{mg} de $l(-)$ leucine par cm^3; (2), addition de $1^{mg},66$ de $l(-)$ leucine par cm^3; (3), addition de $2^{mg},33$ de $l(-)$ leucine par cm^3; (4), sans addition de $l(-)$ leucine; (5), glucose seul; (6), témoin sans aucune source de carbone.

Une action similaire nous a été révélée par des expériences actuellement en cours en utilisant la $d(-)$ valine.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Sur la spécificité de composition des scléroprotéines iodées présentes dans l'axe corné de divers Anthozoaires (Hexacoralliaires et Octocoralliaires)*. Note de M. **Jean Roche** et Mme **Marcelle Eysseric-Lafon** transmise par M. Maurice Javillier.

Les gorgonines, scléroprotéines de l'axe corné de nombreux Octocoralliaires, renferment de l'iode (Balard) et, accessoirement, du brome (Mörner), qui y

participent à la constitution de la diiodotyrosine (Drechsel), de la dibromotyrosine (Mörner) et de la monoiodotyrosine (Fromageot, Jutisz, Lafon et Roche) (¹). Nous avons antérieurement établi que les teneurs de gorgonines de diverses espèces en ces dérivés sont liées à leur richesse en tyrosine; aussi la composition de ces protéines reflète-t-elle leur spécificité d'origine. Or, le squelette corné d'Hexacoralliaires, les Gérardiens et les Antipathaires, contient aussi de l'iode associé à de petites quantités de brome (Mörner) et nous y avons caractérisé la monoiodotyrosine et la diiodotyrosine. Il y avait dès lors intérêt à comparer les teneurs en acides aminés des scléroprotéines présentes dans les axes cornés des deux sous-classes d'Anthozoaires, afin de chercher à établir une différenciation biochimique d'Hexacoralliaires et d'Octocoralliaires appartenant aux groupes étudiés.

Il n'existe que des données fragmentaires (¹), (²) sur la teneur en acides aminés des gorgonines et aucune, à notre connaissance, sur celle des autres scléroprotéines halogénées. Ceci étant, nous avons entrepris l'analyse d'une gorgonine choisie comme substance de référence et provenant d'un Octocoralliaire de l'ordre des Gorgonaires, *Eunicella verrucosa* Pallas, et celle de protéines de l'axe corné de deux Hexacoralliaires, à savoir : un Gérardien, *Gerardia savalia* Bertolini, et un Antipathaire, *Cirripathes spiralis Blainv.* (³). On trouvera dans le Tableau ci-dessous les résultats obtenus sur divers échantillons d'une même préparation de chacune d'elles.

Des différences de composition importantes se manifestent entre ces trois protéines. Celles portant sur les iodotyrosines ne doivent pas être retenues ici, puisque le degré d'halogénation des produits étudiés est variable chez divers individus d'une même espèce (¹). De même, l'absence de certains acides aminés dans l'une des trois protéines et leur présence à un très faible taux dans les autres ne permet pas de les caractériser, car nous avons constaté l'existence d'écarts identiques dans la composition des gorgonines. Par exemple, celle d'*Elisella paraplexauroides* Stiasny renferme 1,83 % de tryptophane, celle de *Gorgonia* Adamsi (Verill) 0,92 % et celle d'*Eunicella verrucosa* Pallas en est dépourvue.

En revanche, les différences enregistrées entre les teneurs en arginine et en histidine des scléroprotéines étudiées sont significatives. Celles des deux Hexacoralliaires sont plus pauvres en arginine et beaucoup plus riches en histidine que les gorgonines, dont les trois citées plus haut présentent respec-

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 1200.

(²) R. J. Block et D. Bolling, *J. Biol. Chem.*, **127**, 1939, p. 685.

(³) *Eunicella verrucosa* Pallas et *Gérardia savalia* Bertolini provenaient des eaux tunisiennes et *Cirripathes spiralis* Blainv, des côtes d'Annam. M. et Mme Heldt (Salammbô, Tunis); MM. Fischer-Piette et Ranson (Muséum d'Histoire naturelle, Paris) nous ont fourni le matériel étudié dans ce travail.

tivement des taux d'arginine de 8,55, de 8,35 et de 7,60 % et des taux d'histidine de 2,23, de 3,80 et de 1,08 %. De plus, les teneurs en ce dernier acide aminé des protéines de *Gerardia savalia* Bertolini (13,10 %) et de *Cirripathes spiralis* Blainv. (17,60 %) sont plus élevées que celles de toutes les protéines analysées jusqu'ici, parmi lesquelles les kératines et les pseudokératines renferment en général moins de 1,0 % d'histidine.

TABLEAU.

*Composition de la gorgonine d'*Eunicella verrucosa *Pallas et de la scléroprotéine des axes cornés de* Gerardia savalia *Bertolini et de* Cirripathes spiralis *Blainv.*

Halogène et acide aminé dosés.	Teneurs % en divers constituants de la scléroprotéine de			Méthode de dosage employée.
	Eunicella verrucosa Pallas.	*Gerardia savalia* Bertolini.	*Cirripathes spiralis* Blainv.	
Iode total.........	6,78	0,80	4,17	Leipert
Brome total.......	1,70	0,08	0,20	Lafon
Tyrosine..........	4,88	7,80	6,73	Lugg
Monoiodotyrosine...	9,25	traces	7,14	Roche et Michel
Diiodotyrosine.....	5,09	1,40	2,20	Roche et Michel
Glycocolle.........	18,80	23,00	12,36	Michel et Bozzi
Leucine...........	0,76 (*)	0,80	0	Fromageot et Mourgue
Valine............	2,01 (*)	0,60	1,18	Fromageot et Mourgue
Cystine...........	3,00	2,22	1,68	Folin et Marenzi
Méthionine........	0,27	0	0,90	Lavine
Sérine............	2,20	2,50	2,30	Michel et Michel
Tryptophane.......	0	1,50	1,60	Lugg
Arginine..........	8,55	4,10	3,25	Fromageot, Jutisz et Lederer
Histidine.........	2,23	13,10	17,60	Fromageot, Jutisz et Lederer
Lysine............	6,30	6,00	6,60	Fromageot, Jutisz et Lederer

(*) Ces données ont été établies sur la variété *typica*, les autres figurant dans la même colonne sur la variété *stricta*.

Conclusions. — Les iodoprotéines de l'axe corné de deux Hexacoralliaires, un Gérardien et un Antipathaire, présentent une composition en acides aminés différente de celle propre aux gorgonines de divers Octocoralliaires (Gorgonaires), les premières étant, en particulier, beaucoup plus riches en histidine. Les résultats obtenus apportent donc une contribution à l'étude de la spécificité d'origine des scléroprotéines iodées. Ils mettent par ailleurs en évidence l'existence d'un type nouveau de celles-ci chez les Hexacoralliaires, groupe dans lequel nous étudions leur répartition.

PHARMACOLOGIE. — *Variations de la perméabilité du nerf sciatique de Grenouille aux ions calcium sous l'influence des saponines.* Note de MM. **Guillaume Valette** et **Paul Rossignol**, présentée par M. Louis Lapicque.

De nombreux auteurs, et notamment Köfler (1) ayant mis en évidence sur divers tissus un accroissement de la perméabilité cellulaire sous l'action des saponines, nous avons entrepris d'étudier par la technique chronaximétrique l'effet exercé par ces substances sur l'excitabilité des fibres nerveuses lorsque ces dernières sont mises en présence de concentrations variables en ions calcium.

Notre méthode a consisté à suivre comparativement les variations de la rhéobase et de la chronaxie de deux nerfs traités, l'un par une solution physiologique, enrichie ou appauvrie en chlorure de calcium, l'autre par la même solution additionnée de saponine.

Les essais ont porté sur la préparation sciatique gastrocnémien de grenouille placée dans le montage chronaximétrique de Lapicque (méthode des condensateurs) modifié par Régnier et Quevauviller (2), de manière à pouvoir exprimer la rhéobase, non pas en voltages, mais par l'intensité rhéobasique elle-même.

Les mesures de rhéobase du sciatique (fibres motrices) sont effectuées avec une capacité de 10 μF, le nerf étant plongé entre deux mesures dans le liquide de Ringer normal ou modifié, tandis que le muscle reste constamment en contact avec du liquide de Ringer normal.

Des essais préliminaires au cours desquels nous avons suivi les variations d'excitabilité du nerf sous l'effet de la saponine (quillaya-saponine) à doses croissantes, nous ont montré que pour des concentration inférieures à 0,05 %, cette substance n'entraîne pas de modification des paramètres. Munis de ce renseignement, nous étions alors en mesure d'observer de quelle manière l'addition d'une dose de saponine inférieure au seuil d'action modifierait les effets produits sur l'excitabilité du sciatique par les variations de la teneur en calcium du liquide de Ringer utilisé.

Première série d'expériences. — Deux préparations sciatique-gastrocnémien prélevées sur la même grenouille sont traitées après stabilisation, l'une par du liquide de Ringer sans calcium, l'autre par le liquide précédent additionné de 0,01 % de saponine.

En procédant toutes les 10 minutes aux déterminations de la rhéobase, de la chronaxie et de la résistance du nerf, on constate que les variations de la chronaxie sont de faible amplitude et difficiles à interpréter. Par contre, la rhéobase

(1) L. Köfler et Kaurek, *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, 1925, p. 362; L. Köfler et H. Fischer, *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, 116, 1926, p. 35.

(2) A. Quevauviller, *Thèse Pharm. Sup.*, Paris 1938.

de chacune des deux préparations décroît régulièrement, pour remonter lors du lavage au liquide de Ringer normal; mais, et c'est là le fait le plus intéressant, l'examen comparatif des deux séries de résultats montre qu'en présence de saponine l'abaissement de rhéobase provoqué par le déficit en calcium du liquide utilisé se manifeste beaucoup plus rapidement, de même que se réalise également dans un temps plus court le rétablissement du paramètre à sa valeur initiale sous l'effet du lavage. Les résultats sont exposés d'une manière très résumée dans les quatre premières colonnes du tableau ci-dessous.

Sur les deux préparations différemment traitées, nous avons observé pour des valeurs suffisamment basses de la rhéobase l'apparition régulière de réponses répétitives suivies de contractions spontanément entretenues, fait depuis longtemps constaté au cours des expériences de décalcification.

Deuxième série d'expériences. — Nous avons ensuite étudié l'action de la saponine dans un milieu renfermant un excès d'ions calcium. Après quelques expériences préliminaires, nous avons utilisé un liquide constitué par la solution de Ringer additionnée de 0,018 % de chlorure de calcium anhydre, ce qui donne une teneur totale de 0,030 % en ce sel, au lieu de la teneur normale de 0,012 %.

L'examen des résultats mentionnés dans les quatre dernières colonnes du tableau ci-dessous montre que l'élévation de la rhéobase consécutive à l'excès de calcium se manifeste avec beaucoup plus de rapidité en présence de saponine. Dans ce dernier cas, le maximum rhéobasique est atteint en 40 minutes; on observe ensuite une tendance à la stabilisation. En l'absence de saponine, on constate que la rhéobase croît moins vite; au bout de 2 heures, la valeur de ce paramètre n'a pas encore atteint un plateau.

Heure.	Rhéobase (μA).	Heure.	Rhéobase (μA).	Heure.	Rhéobase (μA).	Heure.	Rhéobase (μA).
12 10	2,35	12 15	1,67	16 30	2,10	16 35	1,53
Ringer saponiné sans Cl_2Ca		Ringer sans Cl_2Ca		Ringer saponiné à 0,03 % de Cl_2Ca		Ringer à 0,03 % de Cl_2Ca	
12 20	2,18	12 25	1,71	16 40	3,26	16 45	1,67
12 50	1,11	13 25	1,64	16 50	4,36	17 05	2,10
13 10	0,49	14 25	1,15	17 40	4,80	17 55	2,33
13 30	0,27	15 25	0,93	18 10	4,88	18 15	2,71
Ringer normal		16 25	0,50	19	4,60	19 05	3,34
13 50	2,05	Ringer normal		–	–	–	–
14 20	2,66	16 45	0,80	–	–	–	–
–	–	17 05	1,07	–	–	–	–
–	–	17 35	1,67	–	–	–	–

En résumé, dans les deux séries d'expériences, nous constatons que la présence de saponine à une dose non toxique pour le nerf fait apparaître avec

une plus grande rapidité les variations de rhéobase provoquées par l'excès ou le déficit en ions calcium dans le liquide où le nerf se trouve plongé.

Il semble donc légitime d'admettre que la présence de saponine facilite les échanges d'ions calcium entre le nerf et le liquide ambiant, par un mécanisme physicochimique qu'il est encore prématuré de préciser.

BACTÉRIOLOGIE. — *Formation de substances humiques par les* Azotobacter *à partir des noyaux benzéniques.* Note (*) de MM. **Jacques Pochon** et **Tsu Long Wang**, présentée par M. Joseph Magrou.

L'acide benzoïque est une des nombreuses substances carbonées utilisables par les *Azotobacter*, comme aliments énergétiques [Winogradsky (1)]; on le trouve dans le sol [Shorey (2)] et les *Azotobacter* y sont capables de le métaboliser [Renszer (3)]. Au cours de cette attaque se forme une substance noire, sous l'action d'une benzoatase; cette substance noire, lors de l'extraction de l'humus d'une terre, par les procédés habituels, passe avec la fraction humique [Tchan (4)(5)] et en est donc très voisine. Étant donné l'intérêt théorique et pratique qui s'attacherait à l'élaboration de l'humus par les fixateurs aérobies, nous avons cherché à préciser les rapports entre substance noire azotobactérienne et humus.

La constitution chimique de ceux-ci est trop complexe et trop mal connue pour que les analogies puissent être établies par voie chimique; aussi avons-nous utilisé les caractères physico-chimiques; nous avons établi ceux de la substance noire et les avons comparés à ceux des humus, trouvés dans les publications [Boutaric (6)].

La substance noire est obtenue par floculation (acide chlorhydrique dilué) à partir d'une culture d'*Azotobacter* en milieu liquide où la seule source de carbone est le benzoate de sodium. Le floculat est lavé plusieurs fois à l'eau distillée puis purifié par dialyse.

Nous avons étudié un certain nombre de caractères résumés, avec les résultats, dans le tableau suivant.

Les analogies sont frappantes et ces constatations, jointes à celles qui sont résumées au début de cette Note, nous font admettre l'oxydation des noyaux benzéniques par les *Azotobacter* comme un des mécanismes de formation de l'humus dans le sol.

(*) Séance du 5 décembre 1949.

(1) *Ant. Inst. Pasteur*, 48, 1932, p. 89.

(2) *J. Agr. Res.*, 3, 1914, p. 357.

(3) *Soil. Sci.* 1, 1935, p. 151.

(4), (5) *Ann. Inst Pasteur*, 72, p. 699-826.

(6) Boutaric et Thévenet, *Ann. Agr.*, 7, 1937, p. 1832

	Humus.	Substance noire.
Floculation par les acides	+	+
Dispersion par les alcalis	+	+
Loi de Schultze-Hardy (électrolytes)	+	+
Absorption d'eau	9 à 25 fois son poids	11 fois son poids
Gonflement par absorption d'eau	6	7,5
Pouvoir tampon	pH = 8-9	pH = 7-7,5
Caractère hydrophile-hydrophobe	mixte	mixte
Transformation irréversible par la chaleur et la congélation	+	+
Produit : densité optique × dilution	constant	constant
Rapport $\frac{C}{N}$	5 à 35	25
Pouvoir réducteur	+	+

MICROBIOLOGIE. — *Technique pour la culture des formes submicroscopiques (formes L) du* proteus vulgaris *en milieu liquide.* Note de MM. **Robert Tulasne, Roger Vendrely, Raymond Minck** et Mlle **Lina Muller**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans différentes communications (1) et dans une Note présentée ici-même (2), nous avons montré qu'une bactérie tout à fait banale comme *proteus vulgaris* pouvait se transformer, sous l'action de la pénicilline, en formes naines, submicroscopiques (de la taille d'un gros virus) (formes L), résistantes à l'antibiotique.

Étant donnée l'importance probable de ces formes L tant sur le plan biologique (formes de transition possibles entre les bactéries et les virus) que sur le plan de la Pathologie infectieuse (différences possibles dans le pouvoir pathogène des formes banales et des formes naines), nous nous sommes spécialement attachés à leur étude. Au cours de nos recherches, nous avons bientôt constaté qu'il était nécessaire pour résoudre certains problèmes touchant la morphologie, les propriétés physiques (filtration), les propriétés biologiques, la composition chimique et le pouvoir pathogène expérimental des formes L, de substituer aux méthodes de culture sur milieux solides, qui *seules*, jusqu'ici, avaient permis de les obtenir et de les conserver, des méthodes de culture en milieux liquides, beaucoup plus maniables.

La présente Note a pour objet de décrire la technique que nous avons réussi à mettre au point à cet effet.

On dépose *à la surface du liquide* dans un tube contenant du bouillon nutritif additionné de 10 % de sérum de cheval (ou de $0^{mg},05$ de lactoflavine

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 289; *Bull. Acad. Méd.*, 133, 1949, p. 409.
(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1612.

par centimètre cube) et de 800 unités de pénicilline par centimètre cube, un fragment de gélose sur lequel se trouvent des microcolonies de formes L obtenues par la méthode habituelle (ensemencement de proteus sur gélose-sérum molle fortement pénicillinée).

Les microcolonies présentes sur le fragment de gélose ne tardent pas à s'étendre en surface et à dépasser les limites du milieu solide pour former un voile qui va s'épanouir, d'abord lentement, puis assez rapidement pour gagner en quelques jours les bords du tube à culture.

Le repiquage d'un petit fragment de ce voile sur un milieu liquide de même composition provoque, en quelques jours, par extension, la formation d'un voile entier. Le voile, une fois formé, peut donc se repiquer indéfiniment et, si la surface liquide ensemencée est assez large, on peut recueillir au bout d'une dizaine de jours un matériel important qui peut être soumis à différents essais biologiques ou chimiques.

Le liquide qui supporte le voile reste limpide pendant toute la durée de la culture, mais il présente, au bout de quelques heures, parfois plus tardivement, une pigmentation, d'abord jaune puis orangée, dont l'intensité s'accentue à mesure que la culture se développe. L'analyse spectrale du pigment formé montre qu'il s'agit d'un mélange d'un pigment indéterminé et d'une flavine([3]). Notons, en passant, que cette flavine semble être un facteur de croissance pour le développement des formes L. Son incorporation dans les milieux liquides ou solides permet, en effet, d'obtenir une culture des formes submicroscopiques en l'absence de sérum, ce qui avait, jusqu'ici, paru impossible. Notons encore que le remplacement de la flavine ainsi produite par de la lactoflavine donne des résultats identiques.

Macroscopiquement, le voile se présente comme une membrane épaisse, d'aspect muqueux et de consistance visqueuse. Il s'émulsionne cependant assez bien dans les liquides comme le bouillon et l'eau distillée ou physiologique.

Au point de vue histologique, il est constitué par un mélange de *corps larges* plus ou moins vacuolisés et de granulations submicroscopiques, les unes libres, les autres enfermées, en nombre souvent considérable dans des vacuoles et animées par des mouvements browniens très accusés. Le voile est donc formé, dans son ensemble par les mêmes constituants que les microcolonies observées sur milieux solides. Cependant, on est frappé de trouver dans ce voile un réseau, souvent assez serré, formé par des filaments très fins, à la limite de la visibilité, élastiques, montrant quelquefois des renflements en grains de chapelet et qui semble bien émaner des corps larges. Nous recherchons actuellement l'origine et la signification de ces filaments dont nous soupçonnons l'importance dans le cycle évolutif des formes L.

([3]) Nous devons à M. Chevallier la caractérisation du pigment trouvé dans notre milieu

Au point de vue chimique, les premières analyses, concernant plus particulièrement les acides nucléiques, semblent révéler une assez grande richesse du voile en acide désoxyribonucléique et une relative pauvreté en acide ribonucléique. Nous pensons pouvoir très prochainement chiffrer d'une façon précise la teneur en acides nucléiques, non seulement du voile dans son ensemble, mais encore de chacun de ses constituants principaux : les corps larges et les granulations.

Lorsque le voile est repiqué sur un milieu solide pénicilliné contenant du sérum ou une flavine, il donne naissance très rapidement à des microcolonies caractéristiques.

Lorsqu'il est transféré sur un milieu solide ou liquide sans pénicilline, il donne naissance à des protéus en tous points normaux.

Telles sont les premières observations que nous avons pu faire grâce à la technique de culture en surface des formes L sur milieu liquide. Nous pensons que cette méthode, extrêmement simple et qui est probablement applicable, tout au moins dans son principe, à d'autres bactéries, peut faciliter considérablement la tâche des chercheurs qui s'intéressent à l'étude des formes submicroscopiques des bactéries.

MICROBIOLOGIE. — *La libération de bactériophages par la lyse d'une bactérie lysogène.* Note (*) de M. **André Lwoff** et Mlle **Antoinette Gutmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le problème du mode de libération des bactériophages (φ) par les bactéries lysogènes n'est pas résolu. J. Northrop (¹) n'a pu mettre en évidence de lyse bactérienne au cours de la croissance, accompagnée de la production de bactériophages, de *Bacillus megatherium*. En suivant des bactéries isolées en microgouttes, nous avons montré : *a*. qu'il pouvait y avoir multiplication microbienne sans libération de φ; *b*. que celle-ci est discontinue et, *c*. que le φ se perpétue par voie endomicrobienne (²). De nouvelles expériences nous ont permis d'établir une relation entre lyse bactérienne et libération de φ.

Nous avons utilisé la technique décrite antérieurement. Des *Bacillus megatherium* (souche 899) sont prélevés dans un milieu peptoné et, après 5 lavages, transférés dans une goutte de milieu neuf. Voici quelques observations : $m =$ minutes après le transfert, $b =$ bactéries, $\varphi =$ nombre de bactériophages.

1° Un filament de 14 bactéries est transféré dans une goutte. 20 minutes 18 b; le filament se dissocie. Les deux articles d'un diplobacille transféré dans une autre goutte se lyseront à 40 secondes d'intervalle, après 40 minutes. A la

(*) Séance du 28 novembre 1949.

(¹) *J. Gen. Physiol.*, 23, 1939-1940, p. 59-79.

(²) A. Lwoff et A. Gutmann, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 605-607, 679-682 et 789-791.

68e minute, 8 bactéries de la goutte originale sont transférées dans d'autres gouttes où elles se lyseront en moins de 10 minutes. Sur les 8 bactéries qui restent, 7 se lysent entre la 67e et la 71e minute. La bactérie résiduelle est éliminée; la goutte est prélevée intégralement : 2 000 φ environ.

2° Un filament de 3 bactéries est mis dans une goutte A; 45 minutes, 4 b : 0 φ; 60 minutes, 6 b; 72 minutes, 4 b qui sont évacués dans une goutte B. Prélèvement intégral de A : 138 φ. Goutte B) 2 bactéries ont disparu après 7 minutes. Les deux autres sont transférées dans une goutte C. Prélèvement intégral de B : 38 φ. Goutte C) les bactéries y séjournent 28 minutes et sont transférées en D. Prélèvement intégral de C : 0 φ. Goutte D) les 2 bactéries se lysent après 4 minutes : prélèvement intégral : 162 φ.

3° Un diplobacille est placé dans une goutte A. Prélèvements à 35 et 70 minutes : 0 φ. A 120 minutes, 4 b. A 140 minutes, lyse de 2 bactéries. Les deux autres sont transférées dans les gouttes B et C. Prélèvement intégral de A : 27 φ. Goutte B : la bactérie est lysée après 12 minutes, 9 φ. Goutte C : la bactérie y séjourne 17 minutes et est transférée en D, où après un séjour de 17 minutes elle est transférée en E. Prélèvement intégral de C et D : 0 φ. Goutte E : la bactérie se lyse après 3 minutes : 15 φ.

4° Un diplobacille est placé dans une microgoutte; 10 minutes, 3 b; 48 minutes 7 b. A la 65e minute, chacune des bactéries s'est divisée 2 fois : il y a 8 bactéries réunies en un filament. A 83 minutes, l'une des bactéries s'est lysée et l'on assiste en 6 minutes à la lyse de 3 autres. Les 4 bactéries qui se sont lysées provenaient toutes de la descendance de la même bactérie. Les 4 autres bactéries sont évacuées; on prélève tout le liquide, 579 φ.

Le nombre de φ libérés par la lyse d'une bactérie ressort des données suivantes où les chiffres en gras représentent le nombre de bactéries lysées, et les chiffres qui suivent, en caractères normaux, le nombre de bactériophages libérés : **2** : 138, **2** : 38, **2** : 162, **2** : 27, **1** : 9, **1** : 15, **4** : 89, **4** : 452, **5** : 235, **1** : 158, **2** : 108, **1** : 178, **4** : 579, **6** : 600, **4** : 166. Ceci correspond à une moyenne de 72 φ par bactérie lysée.

Si dans l'intervalle de 2 divisions, 3 bactéries sur 100 se lysent en libérant chacune 72 φ, le rapport φ/bactérie sera de 216/97, c'est-à-dire voisin du chiffre maximum observé dans les cultures. La lyse de 3 % des bactéries dans l'intervalle de 2 divisions suffit donc à rendre compte des proportions relatives φ/bactéries. Cette lyse ne se traduirait que par une diminution de 3 % du taux de croissance *théorique*. On comprend ainsi pourquoi l'intervention de la lyse dans la libération du bactériophage ne peut être mise en évidence que par l'observation de bactéries individuelles. Il peut cependant y avoir lyse bactérienne sans libération de bactériophage. Il existe en effet deux types de lyses chez *B. megatherium*. L'une lente dure plusieurs secondes et laisse persister pendant plus d'une heure un *fantôme* bien visible; elle ne libère pas de bactériophages. L'autre, rapide, fait disparaître, en moins de une seconde, une

bactérie d'apparence normale; elle ne laisse pas persister de résidu bactérien reconnaissable et libère des bactériophages. La lyse bactériophagique peut donc passer inaperçue dans une microgoutte, même dans le cas d'un filament, si elle a porté sur une bactérie terminale. A moins d'un examen continu, il est donc impossible, comme nous l'avions fait avant d'avoir reconnu l'existence de la lyse rapide sans résidu, de conclure avec certitude à une absence de lyse et à une libération de φ sans lyse.

Pour nous résumer : l'apparition des bactériophages dans une culture de *B. megatherium* lysogène est liée à la lyse d'un certain nombre de bactéries; jusqu'à la 4e minute qui précède la lyse, il n'y a pas libération de φ.

Le fait que cette lyse ne frappe qu'une certaine proportion seulement des bactéries pose le problème de la nature, génotypique ou phénotypique, de la modification qui contrôle la production des bactériophages, problème qui sera examiné ultérieurement.

La séance est levée à 16h20m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 28 mars 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Philippe Pluvinage*, Sur les caractéristiques électriques de la basse atmosphère en bordure de l'Inlandsis groenlandais :

Page 1147, par suite d'une erreur d'étalonnage, les chiffres de la dernière colonne du tableau de valeurs numériques sont à multiplier par deux. On obtient donc pour la moyenne de V (en volts) :

Camp I : 78, Camp II : 46, Camp III : 126.

(*Comptes rendus* du 28 novembre 1949.)

Note présentée le 21 novembre 1949, de Mlle *Juliette Roquet*, Sur la variation des aimantations thermorémanente et rémanente isotherme des terres cuites en fonction du champ appliqué :

Page 1137, 19e ligne, *au lieu de* les 77/100 de l'A. T. R., *lire* les 48/100 de l'A. T. R.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JANVIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Johann Martinus Burgers**, Professeur à l'Université de Delft, Secrétaire de l'Union Internationale de Mécanique, qui assiste à la séance.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Influence favorisante des infections trypanosomiennes sur la résistance biologique et la longévité des mouches tsé-tsés.* Note de M. **Émile Roubaud**.

Il est bien connu que les glossines porteuses de trypanosomes pathogènes pour l'Homme et les Vertébrés supportent leur infection sans troubles apparents, quelle que soit l'abondance, parfois extraordinaire, des flagellés dans leur tractus intestinal ou le milieu salivaire. Le pouvoir infectant des mouches nécessite souvent, d'ailleurs, une incubation de plusieurs semaines, ainsi qu'il fut établi pour la première fois par les expériences mémorables de Kleine (1909) et le développement trypanosomien peut se maintenir pendant toute la vie des glossines-hôtes. Dans les cas où leur tube digestif est le siège d'une multiplication flagellaire qui précède l'envahissement du milieu salivaire (*Tr. congolense*, *Tr. gambiense*, etc.), c'est en quantités énormes que les parasites se rencontrent, parfois, dans la partie sécrétante et absorbante de l'intestin moyen.

Si l'infection a débordé le fourreau de la membrane péritrophique, les flagellés coiffent directement les cellules digestives, en amas souvent très denses, que, le premier, F. Stuhlmann (1907) (1) a parfaitement décrits et figurés. Il semblerait qu'ils puissent ainsi perturber gravement la physiologie alimentaire des mouches. Par ailleurs, lorsque le milieu salivaire de la trompe, en

(1) *Beiträge zur Kenntnis der Tsetsfleiege*, Berlin, 1907.

particulier, devient le siège, directement ou non, du développement des flagellés (*Tr. cazalboui-vivax*, *Tr. congolense*, etc.), les amas crithidiens deviennent parfois si denses qu'ils constituent de véritables embolies, échelonnées dans toute la longueur du canal labial. Celles-ci paraîtraient souvent de nature à déterminer un blocage partiel de l'organe et à gêner les prises de sang, ainsi qu'il est constaté pour les puces dont la cavité proventriculaire est bloquée par le bacille pesteux. Les infections trypanosomiennes dont les tsé-tsés sont le siège devraient donc se traduire par un affaiblissement relatif des mouches infectées, par une réduction plus ou moins sensible de leur capacité de résistance aux actions défavorables, de leur productivité, de leur longévité.

Or, ce n'est nullement ce que l'on constate. Déjà, lors de mes premières recherches (1909) (2) sur l'évolution salivaire des trypanosomes, j'avais noté que les infections proboscidiennes sont souvent constatées chez des mâles agiles et actifs et qu'une *Gl. palpalis* femelle infectée avait été conservée en captivité pendant plus de trois semaines, durant lesquelles elle avait subi deux parturitions normales.

Au cours de nombreuses expériences ayant porté sur des tsé-tsés d'espèces diverses, aucun fait ne m'a permis de surprendre quelque retentissement défavorable des infections trypanosomiennes sur la physiologie de ces mouches. Bien au contraire, c'est le conditionnement physiologique des glossines qui influe sur les infections qu'elles supportent.

J'ai montré, en effet (3), que ces dernières peuvent être réduites, parfois jusqu'à la disparition totale, si les glossines infectées ont à supporter des actions de climat défavorables ou d'autres causes de déficience physiologique, comme le vieillissement.

L'innocuité, pour les tsé-tsés, des trypanosomides évoluant dans leur organisme apparaît bien lorsqu'on étudie la longévité relative des mouches infectées, par rapport à celle des non infectées. Dans les cages d'expériences, on voit généralement, à la longue, la proportion des premières augmenter, par suite de la disparition progressive des secondes; ce sont souvent les infectées qui durent le plus longtemps, ou qui témoignent de la résistance la plus grande aux conditions de captivité.

Par exemple, dans un lot d'expériences portant sur des *Gl. longipalpis* capturées dans la nature, au Dahomey (1910), sur 30 mouches qui succombèrent du 1er au 38e jour de captivité, 8 (soit 26,6 %) furent reconnues porteuses de flagellés (*Tr. cazalboui*, *Tr. dimorphon*, etc.), tandis que sur 19 autres, qui moururent plus tardivement (du 40e au 45e jour de cage), 10 (soit 52,6 %) hébergeaient des parasites.

Dans un lot de *Gl. morsitans* capturées dans le Nord du Dahomey, au

(2) *La maladie du Sommeil au Congo français*, Paris, 1909, p. 560.

(3) *Ann. Institut Pasteur*, 55, 1935, p. 340.

W. Nigérien, en 1911, 7 qui moururent du 20e au 25e jour après la capture se sont révélées vierges d'infection, alors que 2 mouches sur 6, mortes du 28e au 31e jour, se montrèrent infectées de *Tr. cazalboui*.

Parmi les *Gl. tachinoïdes* prises dans les mêmes régions, 6 mouches, mortes du 11e au 31e jour, n'étaient pas infectées, tandis que sur 4 mouches survivantes, sacrifiées au 47e jour de captivité, 1 était infectée de *Tr. dimorphon*, etc.

On pourrait objecter que dans ces expériences, portant sur des glossines prises à l'état sauvage et dont l'âge réel n'était pas connu, les individus qui ont manifesté la survie la plus longue et, en même temps, la plus forte proportion d'infections, étaient aussi les plus jeunes et les plus récemment infectés, au moment de leur capture. Mais, dans une autre expérience, où des *Gl. palpalis* nées au laboratoire et sensiblement de même âge furent soumises à l'infection par *Tr. cazalboui*, à date connue, des résultats de même ordre furent enregistrés. Sur 22 mouches, 6 contractèrent l'infection; des 16 non infectées, aucune ne dépassa 2 mois et demi de durée, tandis que 2 des infectées sur 6 témoignèrent d'une survie particulièrement prolongée : l'une mourut au 90e jour, l'autre, la dernière du lot, au 111e jour après le repas infectant; il s'agit là d'une longévité tout à fait exceptionnelle chez les glossines captives.

Non seulement les infections trypanosomiennes sont compatibles avec une longue durée de la vie, chez les tsé-tsés, mais on constate de plus que les mouches pourvues d'une infection intense vivent généralement plus longtemps que les moins infectées. Dans l'expérience ci-dessus, les deux glossines qui manifestèrent la survie la plus longue étaient incontestablement les deux plus infectées du lot. L'envahissement du milieu intestinal ou salivaire des tsé-tsés par les flagellés tendrait donc à accroître la résistance biologique de ces insectes.

L'observation suivante confirme ce point de vue de façon saisissante : sur une centaine de *Gl. palpalis* expédiées, en juillet dernier, du Cameroun à Paris, et dont plus de la moitié succombèrent en cours de route, par suite des rigueurs du transport, la plus longue durée de survie (57 jours) fut observée chez une mouche, la seule du lot, dont le tube digestif et la trompe étaient le siège d'un développement particulièrement dense de *Tr. congolense*.

Il est donc permis de penser que les tsé-tsés puisent dans les flagellés trypanosomiens qui les infestent et dont elles digèrent et assimilent un grand nombre, des éléments favorisant leur activité biologique. Les rapports si étroits qui existent entre ces parasites et leurs hôtes vecteurs spécifiques, se référeraient ainsi davantage au type de la symbiose qu'à celui d'une exploitation parasitaire unilatérale. Cette conception pourrait d'ailleurs dépasser le cas des glossines, pour être vraisemblablement étendue à beaucoup d'Arthropodes ou d'Invertébrés, hôtes intermédiaires ou définitifs d'agents infectants.

MICROBIOLOGIE. — *Étude expérimentale de l'infection latente dans le paludisme.* Note (*) de MM. **Edmond Sergent** et **Etienne Sergent** (*in memoriam*).

Dans le paludisme des passereaux, si semblable aux paludismes humains, l'infection latente peut durer plus de la moitié de la vie de l'oiseau. Les résultats négatifs d'épreuves sévères et répétées de décèlement de l'infection latente sont souvent démentis par des épreuves positives ultérieures.

Les enseignements tirés de recherches expérimentales sur le paludisme aviaire à *Plasmodium relictum*, poursuivies depuis de nombreuses années sur près de 6000 canaris, peuvent être transposés en pathologie humaine, et être appliqués aux paludismes humains, en raison des très grandes similitudes que *P. relictum* présente avec les plasmodies de l'Homme. Ce sont des expériences sur *P. relictum* qui ont démontré le rôle des moustiques dans la transmission des paludismes, et instauré une méthode féconde d'essai des médicaments antipaludiques.

L'étude au laboratoire du cours et du décours de l'infection palustre aviaire a procuré des données précises sur l'infection latente métacritique, si importante, du point de vue épidémiologique, pour la constitution du réservoir de virus, et, du point de vue immunologique, pour l'acquisition de la prémunition.

Le meilleur procédé de décèlement d'une infection palustre latente consiste en une épreuve sévère, plusieurs fois renouvelée : l'inoculation, à un sujet sûrement neuf, d'une quantité aussi forte que possible du sang de l'ancien paludéen. La quantité maxima que l'on peut prélever sur un canari sans risque grave pour sa santé correspond au cinquième de la masse totale de son sang, à savoir 1/5 de centicube. C'est la dose que nous inoculons aux canaris dans toutes nos expériences. Par analogie, la saignée d'un homme adulte devrait être de un litre, quantité maxima qu'il est d'ailleurs possible d'extraire en une fois de l'organisme humain. Cependant, les plasmodies cachées sont parfois si rares que plusieurs épreuves successives peuvent rester négatives et être démenties bien plus tard par une épreuve positive.

D'autre part, pour que la réponse donnée par le résultat négatif de telles épreuves soit valable, il faut que le sujet inoculé soit indiscutablement indemne. Or, nous avons constaté que le canari domestique, né et élevé en cage à Alger, mais dans le voisinage de moineaux paludéens, est porteur de plasmodies dans la proportion de 4 %. C'est pourquoi nous observons la règle stricte de n'utiliser, dans nos expériences, que des canaris reconnus neufs au paludisme grâce au procédé de l'isodiagnostic. Lorsqu'on a recours à l'épreuve de l'inoculation de sang pour reconnaître si un individu se trouve ou non en état d'infection

(*) Séance du 2 janvier 1950.

latente, il est rigoureusement nécessaire de s'assurer d'abord que le sujet inoculé n'a jamais habité un pays paludéen.

L'exact emploi de ces techniques produit des résultats cohérents. Le canari domestique, dont la longévité moyenne est de 7 ans, peut, s'il résiste à l'accès aigu de première invasion, dont la durée moyenne est de 1 mois, conserver une infection palustre latente pendant plusieurs années, jusqu'à plus de 4 ans, c'est-à-dire pendant plus de la moitié de sa vie. Par analogie, il est permis de supposer que l'homme peut aussi rester infecté pendant de nombreuses années. On a d'ailleurs signalé des rechutes de paludisme (à *Plasmodium vivax* et à *P. malariæ*) chez des anciens paludéens vivant depuis longtemps à l'abri de tout risque de réinfection, en France, en Grande-Bretagne, en Allemagne.

En conclusion, l'infection latente métacritique est de très longue durée dans le paludisme; l'emploi de techniques rigoureuses est nécessaire pour affirmer que, chez un individu donné, elle n'existe pas ou qu'elle n'existe plus.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau le tome IV des Œuvres de **Ivan Petrovitch Pavlov** (imprimé en langue russe).

M. **Jacques Tréfouël** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter un traité : *Microbiologie du sol. Problèmes et Méthodes*, de M. **Serge Winogradsky**, Associé étranger de l'Académie. Le grand âge de notre Confrère lui interdit de venir faire lui-même cette présentation : bien que son état de santé soit excellent, il ne quitte plus sa demeure et son laboratoire de Brie-Comte-Robert. Ce traité réunit son œuvre complète et représente cinquante ans de recherches. Chacun des chapitres forme un tout complet et l'ensemble réunit de nombreuses données, désormais classiques.

M. **Paul Portier** fait hommage de son Ouvrage : *La biologie des Lépidoptères*, qui constitue le tome XXIII de l'*Encyclopédie entomologique*.

CORRESPONDANCE.

M. **Frederick Stratton**, Correspondant pour la Section d'astronomie, est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Oxford, en mars et avril 1950, à l'occasion du Centième anniversaire de la fondation de la *Royal Meteorological Society*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Cours et Conférences de l'École française d'Extrême-Orient, 1948-1949. *La Science et l'Extrême-Orient*, par Pierre Huard.

2° Lendon Snedeker. *Health Services for Massachusetts Children.*

3° Félix Pollaczek. *Application d'opérateurs intégro-combinatoires dans la théorie des intégrales multiples de Dirichlet.*

4° Académie des Sciences médicales de l'U. R. S. S. *Transactions of the Pavlov Institute of the evolutional physiology and pathology of the higher nervous activity.* I (en langue russe).

ALGÈBRE. — *Le produit complet et la théorie de la ramification : résumé de l'ancienne théorie (fin); la nouvelle théorie.* Note (*) de M. **Marc Krasner**, présentée par Jacques Hadamard.

Je conserve les notations et la terminologie de mes Notes précédentes (1).

1. Soit $\sigma \in G_{K/k}$. Alors $\bar{\sigma}$ (et, par suite, σ) induit sur R [qui est le corps (2) de S] un isomorphisme $\xi(\sigma)$ de R/r dans R^*, égal à 1_R si, et seulement si $\sigma \in T$, et l'on a $\xi(\sigma_1\sigma_2) = \xi(\sigma_1)\xi(\sigma_2)$; par suite, $\sigma T \rightarrow \xi(\sigma)$ est un isomorphisme de $G_{K/k}/T$ sur $G_{R/r}$. Soit X l'ensemble des caractères dans R^* du groupe additif $\mathfrak{M}/\mathfrak{m}$, et soit X_R l'ensemble X organisé en hypergroupe par la loi de composition $\star$ telle que $\chi_1 \star \chi_2 = \chi_1\langle\chi_2\rangle_R$. Si $\sigma \in T$, $\overline{\sigma.\alpha:\alpha} = \bar{\sigma}.\bar{\alpha}:\bar{\alpha}$ est un élément de R^*, qui ne dépend que de (2) $|\bar{\alpha}| = |\alpha|$, et constitue un caractère $\chi(\sigma)$ de $\mathfrak{M}/\mathfrak{m}$ dans R^*. On prouve que $\chi(\sigma_1\sigma_2) = \chi(\sigma_1)\langle\chi(\sigma_2)\rangle_R$ et que $\chi(\sigma)$ parcourt X quand σ parcourt T. Comme $\chi(\sigma) = 1$ si, et seulement si $\sigma \in V$, $\sigma V \rightarrow \chi(\sigma)$ est un isomorphisme de T/V sur X_R. Si $\omega(\beta) \geq \varphi_q^{(\alpha)}(\alpha \in K,\ \beta \in K^*)$, posons $\overline{\beta}|_{\alpha,q} = \bar{\beta}$ ou $\bar{0}$ suivant que $\omega(\beta) =$ ou $> \varphi_q^{(\alpha)}$. Si $\sigma \in Z_q^{(\alpha)}$, soit $\beta_q^{(\alpha)}(\sigma) = \overline{\sigma.\alpha - \alpha}|_{\alpha,q}$ et soit $B_q^{(\alpha)}$ l'ensemble (contenu dans S^*) des $\beta_q^{(\alpha)}(\sigma)$, $\sigma \in Z_q^{(\alpha)}$. Soient $e_q^{(\alpha)} = (\beta_q^{(\alpha)}(\sigma), \bar{\sigma})$ et $E_q^{(\alpha)'}$ l'ensemble des $e_q^{(\alpha)}(\sigma)$, $\sigma \in Z_q^{(\alpha)}$. Soit $E_q^{(\alpha)}(S^*)$ l'ensemble des couples (β, τ^*) $(\beta \in S^*,\ \tau^* \in G_{S^*/s})$ tels que, τ étant l'isomorphisme induit par τ^* dans S, (β, τ) soit $\in E_q^{(\alpha)'}$. On constate que $E_q^{(\alpha)}(S^*)$ est un extramodule de S^*/s de support $B_q^{(\alpha)}$ et $\sigma Z_{q+1}^{(\alpha)} \rightarrow \beta_q^{(\alpha)}(\sigma)$ est un isomorphisme de $Z_q^{(\alpha)}/Z_{q+1}^{(\alpha)}$ sur l'hypergroupe $E_q^{(\alpha)}$ de $E_q^{(\alpha)}(S^*)$; $L_q^{(\alpha)}$ et $(M_q^{(\alpha)}; S)$ étant les hypergroupes S-linéaire et S-moduliforme de $E_q^{(\alpha)}(S^*)$ [donc $M_q^{(\alpha)}$ est un $G_{S^*/S}$-module de S^* formé par les $\beta \in B_q^{(\alpha)}$ tels que $(\beta, 1_S)$ soit $\in E_q^{(\alpha)'}$], $\sigma T_{q+1}^{(\alpha)} \rightarrow \beta_q^{(\alpha)}(\sigma)$ et $\sigma V_{q+1}^{(\alpha)} \rightarrow \beta_q^{(\alpha)}(\sigma)$ sont les isomorphismes de $T_q^{(\alpha)}/T_{q+1}^{(\alpha)}$ sur $L_q^{(\alpha)}$ et de $V_q^{(\alpha)}/V_{q+1}^{(\alpha)}$ sur $(M_q^{(\alpha)}; S)$. Enfin, si, pour tout $\sigma \in \mathfrak{V}_q$, $\beta_q(\sigma)$ désigne le vecteur $(\beta_{i(q,\alpha)}^{(\alpha)}(\sigma))$, où α

(*) Séance du 2 janvier 1950.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1103-1105 et 1287-1289.

(2) *Voir* ma Note des *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 345-347.

parcourt $\mathfrak{o}$, les $\beta_q(\sigma)$, $\sigma \in \mathfrak{V}$, forment un $G_{S^*/S}$-module M_q, et l'on a visiblement $\beta_q(\sigma_1 \sigma_2) = \beta_q(\sigma_1) + \langle \beta_q(\sigma_2) \rangle_S$; et $\sigma \mathfrak{V}_{q+1} \to \beta_q(\sigma)$ est un isomorphisme de $\mathfrak{V}_q/\mathfrak{V}_{q+1}$ sur l'hypergroupe vectoriel moduliforme $(M_q; S)$.

2. $\mathcal{G}_{K/k}$ étant le groupe de Galois de K/k, pour tout $\sigma^{\cdot} \in \mathcal{G}_{K/k}$ il existe un et un seul $\sigma^{\cdot *} \in G_{K^*/k}$ qui l'induit (c'est-à-dire est tel que, pour tout $\sigma \in G_{K/k}$, on a $\sigma^{\cdot}.\sigma = \sigma^{\cdot *}\sigma$), et $\sigma^{\cdot} \to \sigma^{\cdot *}$ est un isomorphisme de $\mathcal{G}_{K/k}$ sur $G_{K^*/k}$. Pour chacun des sous-hypergroupes précédemment définis de $G_{K/k}$, on peut considérer l'ensemble (qui est un groupe de permutations de $G_{K/k}$) des $\sigma^{\cdot} \in \mathcal{G}_{K/k}$ qui induisent (par l'intermédiaire de $\sigma^{\cdot} \to \sigma^{\cdot *}$) ses éléments. Ce groupe portera le même nom que l'hypergroupe correspondant, et sera noté par le même symbole entre les parenthèses carrées. Ainsi, le groupe d'inertie $[T]$ de K/k est l'ensemble des $\sigma^{\cdot} \in \mathcal{G}_{K/k}$ tels que $|\alpha| \leqq 1$ entraîne $|\sigma^{\cdot *}.\alpha - \alpha| < 1$; $[V]$ est celui des $\sigma^{\cdot} \in \mathcal{G}_{K/k}$ tees que $|\sigma^{\cdot *}.\alpha - \alpha| < |\alpha|$ pour tous les $\alpha \in K$; $[Z_q^{(\alpha)}]$ est celui des $\sigma^{\cdot} \in \mathcal{G}_{K/k}$ tels que $\omega(\sigma^{\cdot *}.\alpha - \alpha) \geqq v_q^{(\alpha)}$, etc. Comme $\sigma^* \to \overline{\sigma^*}$ est un homomorphisme de $G_{K/k}$ sur $G_{S^*/S}$, où l'image réciproque de $G_{S^*/S}$ est $[V]^*$, *le groupe quotient* $[\mathcal{G}_{K/k}/[V]]$ *de* $\mathcal{G}_{K/k}$ *par* $[V]$ *est semblable, avec conservation de l'élément marqué* (on dira : *normalement semblable*) *au groupe de Galois* $\mathcal{G}_{S/s}$ de S/s, cette similitude (induite par $\sigma^{\cdot} \to \overline{\sigma^{\cdot *}}$) étant réalisée par l'application $\sigma V \to \bar{\sigma}$ de leurs supports. De même, $\sigma T \to \xi(\sigma)$ *réalise une similitude normale de* $[\mathcal{G}_{K/k}/[T]]$ *sur* $\mathcal{G}_{R/r}$. Soit $[X]_R$ le groupe des permutations de X engendré par les translations $t_\zeta = \{\chi \to \zeta\chi\}(\zeta \in \chi)$ et par les permutations $l_{\xi^*} = \{\chi \to \xi^*.\chi\}$ induites sur X par les $\xi^* \in G_{R^*/R}$. Puisque, pour tout $\bar{\alpha} \in S^*$, $\bar{\sigma}_1^* \bar{\sigma}_2^*.\bar{\alpha}:\bar{\alpha} = [\bar{\sigma}_1^*.(\bar{\sigma}_2^*.\bar{\alpha}:\bar{\alpha})](\bar{\sigma}_1^*.\bar{\alpha}:\bar{\alpha})$ est égal à $[\xi(\bar{\sigma}_1^*).(\bar{\sigma}_2^*.\bar{\alpha}:\bar{\alpha})](\bar{\sigma}_1^*.\bar{\alpha}:\bar{\alpha})$ [car $(\bar{\sigma}_2^*.\bar{\alpha}:\bar{\alpha}) \in R^*$], $\chi(\sigma_1^* \sigma_2^*)$ est égal à $\chi(\sigma_1^*)[\xi(\sigma_1^*).\chi(\sigma_2^*)]$. Or, quand σ^* parcourt un $\sigma = \sigma_0^* G_{K^*/K} \in T$ fixe, $\xi(\sigma^*)$ parcourt $\xi(\sigma_0^*) G_{R^*/R} = G_{R^*/R}$. Par suite $\sigma V \to \chi(\sigma)$ *réalise une similitude normale* (induite par $\sigma^{\cdot} \to t_{\chi(\sigma^{\cdot *})} l_{\xi(\sigma^{\cdot *})}$) *de* $[[T]/[V]]$ *sur* $[X]_R$. Si $\sigma_1^{\cdot}, \sigma_2^{\cdot}, \in [Z_q^{(\alpha)}]$, on a, en posant $\beta_q^{(\alpha)}(\sigma^{\cdot}) = \beta_q^{(\alpha)}(\sigma^{\cdot *})$,

$$\beta_q^{(\alpha)}(\sigma_1^{\cdot}\sigma_2^{\cdot}) = \overline{\sigma_1^{\cdot *}.(\sigma_2^{\cdot *}.\alpha - \alpha) + (\sigma_1^{\cdot *}.\alpha - \alpha)}\Big|_{\alpha,q} = \overline{\sigma_1^{\cdot *}}.\overline{\sigma_2^{\cdot *}.\alpha - \alpha}\Big|_{\alpha,q} + \overline{\sigma_1^{\cdot *}.\alpha - \alpha}\Big|_{\alpha,q}$$

est égale à $\beta_q^{(\alpha)}(\sigma_1^{\cdot}) + \overline{\sigma_1^{\cdot *}}.\beta_q^{(\alpha)}(\sigma_2^{\cdot})$. Puisque, quand σ^* parcourt un $\sigma \in G_{K/k}$ fixe, $\overline{\sigma^*}$ parcourt une classe à droite suivant $G_{S^*/S}$, qui est égale à $G_{S^*/S}$ si $\sigma \in V$, et qui conserve R si $\sigma \in T$, on voit que $\sigma Z_{q+1}^{(\alpha)} \to \beta_q^{(\alpha)}(\sigma)$ *réalise une similitude normale de* $[[Z_q^{(\alpha)}]/[Z_{q+1}^{(\alpha)}]]$ sur le quotient réduit $[E_q^{(\alpha)}]$ de $E_q^{(\alpha)}(S^*)$ et, de même, $\sigma T_{q+1}^{(\alpha)} \to \beta_q^{(\alpha)}(\sigma)$ et $\sigma V_{q+1}^{(\alpha)} \to \beta_q^{(\alpha)}(\sigma)$ *réalisent des similitudes normales de* $[[T_q^{(\alpha)}]/[T_{q+1}^{(\alpha)}]]$ *sur* $[L_q^{(\alpha)}]$ et *de* $[[V_q^{(\alpha)}]/[V_{q+1}^{(\alpha)}]]$ sur $[M_q^{(\alpha)}; S]$. De même, $\sigma \mathfrak{V}_{q+1} \to \beta_q(\sigma)$ *réalise celle de* $[[\mathfrak{V}_q]/[\mathfrak{V}_{q+1}]]$ *sur* $[M_q; S]$.

Étant donné que $[Z_m^{(\alpha)}]^* = [V_{m^\alpha}^{(\alpha)}]^* = [\mathfrak{V}_m]^*$ est le sous-groupe anti-invariant $G_{K^*/K}$ de $G_{K^*/k}$, il résulte du théorème indiqué dans la première de mes Notes citées (1) et de l'esquisse de sa démonstration que $\mathcal{G}_{K/k} = [G_{K^*/k}/G_{K^*/K}]$ est semblable, de la manière qui y est décrite, à un sous-groupe transitif de certains

produits complets remarquables. Si l'on applique ce théorème à la *suite extrinsèque* $\mathcal{G}_{K/k}=[Z_0^{(\alpha)}]\supset[Z_1^{(\alpha)}]\supset\ldots\supset[Z_{m^\alpha}^{(\alpha)}]$, on voit que $\mathcal{G}_{K/k}$ *est semblable à un sous-groupe transitif de* $[E_0^{(\alpha)}]\circ[E_1^{(\alpha)}]\circ\ldots\circ[E_{m^\alpha-1}^{(\alpha)}]$. La suite *semi-intrinsèque* $\mathcal{G}_{K/k}(\supset[T]\supset)\supset[V]=[V_0^{(\alpha)}]\supset[V_1^{(\alpha)}\supset\ldots\supset[V_{m^\alpha}^{(\alpha)}]$ donne ce résultat *pour* $\mathcal{G}_{S\ s}\circ$ (ou $\mathcal{G}_{R/r}\circ[X]_R)\circ[M_0^{(\alpha)};\ S]\circ[M_1^{(\alpha)};S]\circ\ldots\circ[M_{m^\alpha-1}^{(\alpha)};S]$. La *suite intrinsèque* $\mathcal{G}_{K/k}(\supset[T]\supset)\supset[V]=[\mathfrak{V}_0]\supset[\mathfrak{V}_1]\supset\ldots\supset[\mathfrak{V}_m]$ le donne pour $\mathcal{G}_{S/s}$ (ou $\mathcal{G}_{R/r}\circ[X]_R)\circ[M_0;S]\circ\ldots\circ[M_1;S]\circ\ldots\circ[M_{m-1};S]$.

3. On obtient de la manière décrite dans ma Note mentionnée, une similitude bien déterminée de $\mathcal{G}_{K/k}$ dans les produits complets, dont il s'agit, si l'on fixe la fonction $\rho(x_q)$, dont il y était question. P. ex. : on obtient une similitude bien déterminée de $\mathcal{G}_{K/k}$ dans $[E_0^{(\alpha)}]\circ[E_1^{(\alpha)}]\circ\ldots\circ[E_{m^\alpha-1}^{(\alpha)}]$ si, pour tout $q=0,1,\ldots,m^\alpha-1$ et pour tout $\beta_q\in B_q^{(\alpha)}$, on fixe un élément $\rho(\beta_q)$ de $\mathcal{G}_{K/k}$, qui soit une permutation identique de $G_{K/k}$ si $\beta_q=\bar{0}$, tel que $\beta_q^{(\alpha)}(\rho(\beta_q))=\beta_q$. Ceci étant fait, tout $\sigma^\bullet\in\mathcal{G}_{K/k}$ se représente par un tableau bien déterminé $A=[a,a(x_1),a(x_1,x_2),\ldots,a(x_1,\ldots,x_{m^\alpha-1})]$ $(x_q\in B_{q-1}^{(\alpha)},\ a(x_1,\ldots,x_q)\in[E_q^{(\alpha)}])$. Montrons comment se détermine ce tableau. Posons $x'_q=a(x_1,\ldots,x_{q-1}).x_q$. Supposons déjà déterminées les fonctions $a,a(x_1),\ldots,a(x_1,\ldots,x_{q-1})$, et, par suite, pour les $x_1,x_2,\ldots,x_{q-1}$ fixes, les $x'_1,x'_2,\ldots,x'_{q-1}$ correspondants. On a $\sigma^\bullet\rho(x_1)\ldots\rho(x_{q-1})\rho(x_q)[Z_q^{(\alpha)}]=\rho(x'_1)\ldots\rho(x'_{q-1})\rho(x'_q)[Z_q^{(\alpha)}]$, autrement dit $\varpi(\sigma^\bullet\rho(x_1)\ldots\rho(x_{q-1})\rho(x_q).\alpha-\rho(x'_1)\ldots\rho(x'_{q-1})\rho(x'_q).\alpha>\varphi_q^{(\alpha)}$. D'autre part, on a $\overline{\rho(x'_q)\ldots\rho(x'_{q-1})\rho(x'_q).\alpha-\rho(x'_1)\ldots\rho(x'_{q-1}).\alpha}\big|_{\alpha,q}=\overline{\rho(x'_1)^*}\ldots\overline{\rho(x'_{q-1})^*}.\beta_q^{(\alpha)}(\rho(x'_q))$. Ainsi $x'_q=\beta_{q-1}^{(\alpha)}(\rho(x'_q))$ est le transformé par $(\overline{\rho(x'_1)^*}\ldots\overline{\rho(x'_{q-1})^*})^{-1}$ de $\overline{\sigma^\bullet\rho(x_1)\ldots\rho(x_{q-1})\rho(x_q).\alpha-\rho(x'_1)\ldots\rho(x'_{q-1}).\alpha}\big|_{\alpha,q}$, ce qui détermine la permutation $a(x_1,\ldots,x_{q-1})=\{x_q\to x'_q\}$ de $B_{q-1}^{(\alpha)}$.

ALGÈBRES NON ASSOCIATIVES. — *Algèbres du troisième degré.*

Note de M. **Raymond Raffin**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous considérons des algèbres $\mathfrak{A}$ (non associatives) ayant une base finie sur un anneau $\mathcal{B}$ associatif, commutatif et avec un élément unité 1. Si $\mathfrak{A}$ admet un élément unité, on le désigne par e. Si $\mathfrak{A}$ n'admet pas d'élément unité on doit négliger e dans les formules. Pour x élément général de $\mathfrak{A}$, on a

$$(D)\qquad x^2x=\delta_x x^2+\delta_{x,x}x+\delta_{x,x,x}e\qquad[\delta_x,\ \delta_{x,x},\ \delta_{x,x,x}\in\mathcal{B}(\xi_i)].$$

Si $\mathfrak{A}$ n'est pas du second degré $\mathfrak{A}$ est alors dite *du troisième degré à droite* (1). Nous désignons par $(x,y,z,\ldots)$ le module sur $\mathcal{B}$ engendré par les éléments x, y, z, ... de $\mathfrak{A}$. Nous posons $\{ab\}=ab+ba\,(a,b\in\mathfrak{A})$.

---

(1) Si dans (D) x^2x était précédé d'un facteur dans $\mathcal{B}(\xi_i)$, on dirait que $\mathfrak{A}$ est *de degré trois à droite* (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 31).

Si x, y, z sont des éléments quelconques de $\mathfrak{A}$, nous avons

$$(1)\qquad \{xy\}z+\{yz\}x+\{zx\}y=\partial_z\{xy\}+\partial_x\{yz\}+\partial_z\{zx\} + \partial'_{y,x}x+\partial'_{x,z}y+\partial'_{x,y}z+\partial'_{x,y,z}e,$$

avec

$$\partial'_{x,y}=\partial_{x,y}+\partial_{y,z}, \quad \ldots \quad \partial'_{x,y,z}=\partial_{x,y,z}+\partial_{y,z,x}+\partial_{z,x,y}+\partial_{y,x,z}+\partial_{z,y,z}+\partial_{x,z,y}.$$

Inversement (1) entraîne (D) pourvu que la caractéristique de $\mathfrak{A}$ soit première à 6. De même si la relation

$$(G)\qquad xx^2=\gamma_x x^2+\gamma_{x,x}x+\gamma_{x,x,x}e \qquad [\gamma_x,\ \gamma_{x,x},\ \gamma_{x,x,x}\in\mathcal{B}(\xi_i)]$$

est vraie pour tout $x\in\mathfrak{A}$, il en résulte une relation *à gauche* analogue à (1).

Remplaçons dans (1) y par x et z par x^2, x^2x et $(x^2x)x$ appartiennent à (e, x, x^2), par suite pourvu que la caractéristique de $\mathfrak{A}$ soit première à 2

$$x^2x^2+(xx^2)x\in(xx^2, x^2, x, e),$$

Il en résulte les théorèmes

THÉORÈME 1. — *Dans une algèbre $\mathfrak{A}$, de caractéristique première à 2, du troisième degré à droite (gauche), admettant une base finie par rapport à $\mathcal{B}$, la sous-algèbre $[x]$, engendrée par un élément x de $\mathfrak{A}$ dont le polynome minimum principal à gauche (droite) est de degré <4, coïncide en tant que module avec (e, x, x^2).*

THÉORÈME 2. — *Dans une algèbre $\mathfrak{A}$, de caractéristique première à 2, du troisième degré à droite (gauche), admettant une base finie par rapport à $\mathcal{B}$, la sous-algèbre $[x]$ engendrée par un élément x de $\mathfrak{A}$ dont les équations minima principales à gauche et à droite coïncident, est commutative.*

Cependant même si la coïncidence des équations à gauche et à droite est réalisée pour tout $x\in\mathfrak{A}$, la sous-algèbre $[x]$ n'est généralement pas associative comme le montre l'exemple (²)

e	τ	τ^2
τ	τ^2	$e+\tau$
τ^2	$e+\tau$	e

car $\tau^2\tau^2=e\neq\tau^3\tau=\tau+\tau^2$. Mais nous avons :

THÉORÈME 3. — *Dans toute algèbre, où les équations principales, du troisième degré, coïncident, pour que la sous-algèbre $[x]$ soit associative il faut et il suffit que l'on ait : $x^2x^2=x^4$.*

En effet si $x^3=\alpha x^2+\beta x+\gamma e$ $(\alpha, \beta, \gamma\in\mathcal{B})$, on a

$$x^4=\alpha x^3+\beta x^2+\gamma x,\ \ldots,\ x^{n+1}=\alpha x^n+\beta x^{n-1}+\gamma x^{n-2}.$$

(²) Dans le cas où $\mathcal{B}$ est le corps $N/(2)$, l'anneau $\alpha+\beta i\left(i=\sqrt{-1},\ \alpha,\ \beta\in\mathcal{B}\right)$ avec diviseurs de zéro, se trouve immergé dans cette algèbre symétrique en posant $i=\tau^2$.

Supposons $x^{p-q}x^q = x^p$ pour tout $p \leqq n$ ($n > 3$, $0 < q < p$)

$$x^{n+1-q}x^q = (\alpha x^{n-q} + \beta x^{n-q-1} + \gamma x^{n-q-2})x^q = \alpha x^n + \beta x^{n-1} + \gamma x^{n-2} = x^{n+1}.$$

Si $q = n$, $xx^n = x^n x = x^{n+1}$.

Supposons maintenant que dans une algèbre $\mathfrak{A}$ du troisième degré à droite et de caractéristique première à 2, un élément x admette (au moins) un inverse bilatère t, en faisant $y = x$, $z = t$ dans (1), il vient

$$x^2 t = \delta_t x^2 + (\delta'_{x,t} - 2)x + (2\,\delta_x + \delta_{x,x,t} + \delta_{x,t,x} + \delta_{t,x,x})\,e + \delta_{x,x}t.$$

Remplaçons maintenant dans (1) x par x^2, y et z par t, il vient

$$(x^2 t + tx^2)t + t^2 x^2 = \delta_t(x^2 t + tx^2) + \delta_{x^2}t^2 + \delta_{t,t}x^2 + \delta'_{x^2,t}t$$
$$+ \delta_{x^2,t,t} + \delta_{t,x^2,t} + \delta_{t,t,x^2})\,e.$$

Si l'équation principale à gauche (G) de $\mathfrak{A}$ existe et est aussi du troisième degré, il en résulte

$$t^2 x^2 \in (x^2, x, e, t, t^2).$$

Si de plus (G) et (D) coïncident, on a

$$x^2 t = tx^2 \quad \text{et} \quad (x^2 t + tx^2)t + t^2 x^2 = t(x^2 t + tx^2) + x^2 t^2, \quad \text{d'où} \quad t^2 x^2 = x^2 t^2.$$

Par suite :

THÉORÈME 4. — *Dans une algèbre $\mathfrak{A}$, de caractéristique première à 2, avec un élément unité e, qui possède une base finie par rapport à l'anneau $\mathcal{B}$ et dont les équations principales, du troisième degré, coïncident, si un élément x admet (au moins) un inverse bilatère t, le sous-anneau $\mathcal{B}[x, t]$,* 1° *est commutatif;* 2° *en tant que module coïncide avec (x^2, x, e, t, t^2).*

Si $\mathfrak{A}$ est une algèbre monosymétrique, $\mathcal{B}[x]$ est une algèbre monosymétrique, $\mathcal{B}[x, t] = \mathcal{B}[x]$. D'après le théorème 1, si les deux équations principales sont du troisième degré, $t \in (e, x, x^2)$. Il en résulte :

THÉORÈME 5. — *Dans toute algèbre monosymétrique d'ordre fini dont les équations principales sont du troisième degré, ces équations principales coïncident.*

D'après le théorème 3, pour que $\mathcal{B}[x]$ soit un corps, il faut et il suffit que l'on ait $x^2 x^2 = x^4$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'existence de fonctions non constantes, analytiques, uniformes et bornées sur une surface de Riemann ouverte.* Note de M. **ALBERT PFLUGER**, présentée par M. Paul Montel.

Sur une surface de Riemann ouverte $\mathcal{F}$, je suppose donnée une métrique conforme, dont l'élément de longueur s'exprime au moyen d'un paramètre local par l'égalité $ds = \lambda(t)\,|dt|$. Soit O un point de $\mathcal{F}$, fixé d'avance, et D_ρ le domaine formé par les points dont la distance à O est $< \rho$ ($0 < \rho < \infty$). Je suppose que, pour $\rho < \infty$, les domaines D_ρ soient compacts et qu'ils engendrent

pour $\rho \to \infty$ la surface $\mathfrak{F}$. Par un choix convenable de $\lambda(t)$ on peut faire en sorte que la frontière Γ_ρ de D_ρ se compose de courbes de Jordan, en nombre fini $n(\rho)$, suffisamment régulières; je les appelle $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n$. Soit $\Lambda(\rho)$, la plus grande longueur des γ_k, c'est-à-dire, si

$$l_k = \int_{\gamma_k} ds \quad (x = 1, 2, \ldots, n),$$

$$\Lambda(\rho) = \operatorname*{Max}_{(k)} l_k, \qquad \text{et} \qquad N(R) = \operatorname*{Max}_{\rho' \leq \rho} n(\rho').$$

On a alors la proposition suivante :

THÉORÈME. — *Si*

$$\limsup_{R \to \infty} \left[4\pi \int_0^R \frac{d\rho}{\Lambda(\rho)} - \log N(R) \right] = \infty,$$

toute fonction analytique, uniforme et bornée sur $\mathfrak{F}$ est nécessairement une constante [1].

Démonstration. — Soit $w(z)$, la fonction mentionnée. Je suppose $|w(z)| < 1$ sur $\mathfrak{F}$ et j'introduis dans le cercle $|w| < 1$ la métrique hyperbolique définie par l'élément de longueur $dS = |dw|/(1 - |w|^2)$; je désigne le contenu de $w(D_\rho)$ par $A(\rho)$ et la longueur de $w(\gamma_k)$ par L_k (tous deux mesurés hyperboliquement). En appliquant l'inégalité de Schwarz, on trouve

$$L_k^2 \leq l_k \int_{\gamma_k} \frac{\left|\frac{dw}{dz}\right|^2}{(1 - |w|^2)^2} |dz| \qquad (k = 1, 2, \ldots, n),$$

et, par sommation,

$$\sum_1^n L_k^2 \leq \Lambda(\rho) \frac{dA(\rho)}{d\rho}.$$

La métrique considérée dans le plan hyperbolique $|w| < 1$ étant de courbure constante -4, il suit de l'inégalité isopérimétrique correspondante que

$$4A_k(\pi + A_k) \leq L_k^2 \qquad (k = 1, 2, \ldots, n),$$

si A_k désigne le contenu du domaine limité par $w(\gamma_k)$. De $A(\rho) \leq \sum_{(k)} A_k$, il résulte alors

$$4A\left(\pi + \frac{A}{n}\right) \leq 4\pi\left(\sum_{(k)} A_k\right) + 4\sum_{(k)} A_k^2 \leq \sum_{(k)} L_k^2,$$

par suite,

$$4A\left(\pi + \frac{A}{n}\right) \leq \Lambda(\rho) \frac{dA}{d\rho}$$

---

[1] Pour des résultats analogues, voir *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 505-507 et M. R. NEVANLINNA, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 2002-2003.

et, par intégration,

$$\log\left(\frac{A(r')}{\pi n(r)+A(r')}\,\frac{\pi n(r)+A(r)}{A(r)}\right)\geqq 4\pi\int_{r}^{r'}\frac{d\rho}{\Lambda(\rho)},$$

si $n(\rho)$ reste constant dans l'intervalle (r, r'). Je remplace maintenant $n(r)$ par $N(R)$ et je trouve finalement

$$\frac{\pi N(R)+A(r_0)}{A(r_0)}\geqq \exp 4\pi\int_{r_0}^{R}\frac{d\rho}{\Lambda(\rho)}$$

ou encore

$$(1)\qquad \frac{A(r_0)}{\pi+A(r_0)}\leqq N(R)\exp\left(-4\pi\int_{r_0}^{R}\frac{d\rho}{\Lambda(\rho)}\right).$$

Sous les hypothèses du théorème, il résulte de cette dernière inégalité que $A(r_0)=0$. Donc la fonction est une constante.

Je dois remarquer que M. Sario ([2]) a démontré un théorème analogue dans le cas de fonctions analytiques et uniformes dont l'intégrale de Dirichlet est finie. Une telle fonction se réduit à une constante si l'intégrale $\int^{\infty}\frac{d\rho}{\Lambda(\rho)}$ diverge. Il est naturel, que la condition de M. Sario soit moins forte que la nôtre.

Par la même méthode, on démontre que la représentation quasi conforme de la surface $\mathfrak{F}$ sur le cercle $|w|<1$ est impossible si la condition du théorème est satisfaite.

On peut obtenir aussi une généralisation du lemme de Schwarz. Soit w une fonction analytique, uniforme et de module inférieur à 1 sur $\mathfrak{F}$. Je choisis en O un paramètre local t et je suppose que

$$w=c_1t+c_2t^2+\ldots,\qquad ds=|dt|$$

dans le voisinage de O. A partir de (1), on trouve alors par un simple passage à la limite ($r_0\to 0$) que

$$|c_1|\leqq e^{-\varkappa},$$

si

$$\varkappa=\limsup_{R\to\infty}\left[\int_0^R\left(\frac{2\pi}{\Lambda(\rho)}-\frac{1}{\rho}\right)d\rho+\log R-\frac{1}{2}\log N(R)\right].$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Existence des intégrales abéliennes sur les surfaces de Riemann arbitraires.* Note (*) de M. **Leo Sario**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Sur les intégrales abéliennes à intégrale de Dirichlet finie une théorie profonde a été créée, pour les surfaces paraboliques (mesure harmonique

---

([2]) *Ann. Acad. Sc. Fennicae*, A. I., 50, 1948.

(*) Séance du 5 décembre 1949.

nulle) par MM. Nevanlinna, Myrberg, Ahlfors et Virtanen (*Ann. Acad. Sci. Fenn.*, 1941-1949). Nous aborderons ici la question de l'existence de ces intégrales sur les surfaces de Riemann quelconques. Le théorème d'existence de fonctions d'allure donnée que nous avons récemment énoncé ([1]) permet d'appliquer les méthodes classiques à la construction des intégrales abéliennes, indépendamment du type de la surface.

Théorème 1. — *Sur une surface de Riemann arbitraire il existe toujours des intégrales abéliennes des trois espèces à intégrale de Dirichlet finie hors d'un voisinage des singularités.*

Considérons d'abord les intégrales de première espèce. Soient F une surface de Riemann arbitraire et β une rétrosection sur F. Il existe sur F une intégrale abélienne élémentaire relative à β, c'est-à-dire une fonction ayant une intégrale de Dirichlet finie et dont la partie réelle est uniforme sauf sur β où elle fait un saut égal à 1. En effet, divisons β selon l'usage en deux parties β_1 et β_2. Soit G un domaine simplement connexe sur F limité par une courbe analytique α et tel que β_1 se trouve à son intérieur. On peut facilement construire dans $G - \beta_1$ une fonction u_1 harmonique uniforme s'annulant sur α, ayant le saut 1 sur β_1 et la dérivée moyenne $\int_\alpha \frac{\partial u}{\partial n} ds = 0$. Or d'après le théorème cité ([1]) il existe sur F une fonction harmonique f_1 possédant l'intégrale de Dirichlet finie et faisant un saut 1 sur β_1. On construit de même f_2 à partir de β_2 et $f = f_1 + f_2$ est une fonction cherchée. Au moyen de combinaisons linéaires d'intégrales élémentaires on obtient des intégrales abéliennes possédant des périodes réelles non nulles autour d'un nombre fini de rétrosections.

La construction d'une intégrale abélienne élémentaire de deuxième espèce peut s'effectuer immédiatement. Soit G un voisinage simplement connexe d'un point P intérieur à F, limité par une courbe analytique, et soit u la partie réelle d'une fonction analytique uniforme dans G-P ayant un pôle d'ordre quelconque en P. Le théorème en question ([1]) nous donne une intégrale abélienne possédant la singularité donnée en P et une intégrale de Dirichlet finie en dehors de la singularité. Une intégrale abélienne avec un nombre fini de singularités est une combinaison linéaire des intégrales élémentaires construites.

Les intégrales de troisième espèce se laissent construire de façon analogue en partant des domaines $G_i (i = 1, \ldots, n)$ dans l'intérieur desquels les pôles logarithmiques sont donnés. L'existence de l'intégrale est assurée dès que la somme des résidus s'annule.

2. Envisageons la question de l'unicité des intégrales abéliennes à intégrale de Dirichlet finie. On a considéré (sans démonstration) que ces intégrales étaient déterminées par leurs périodes réelles sur les surfaces parabo-

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1293.

liques et seulement sur elles ([2]). Cependant, le théorème 1 de la Note précédente ([3]) nous donne :

Théorème. 2. — *Les intégrales abéliennes à intégrale de Dirichlet finie sont définies de façon unique par leurs périodes réelles sur les surfaces* $C_{H_0D_0}$ *et seulement sur celles-ci.*

Pour les surfaces du type parabolique $C_{H_0D_1}$, M. Nevanlinna a établi dans son mémoire fondamental ([4]) l'existence d'une base infinie pour les intégrales abéliennes de première espèce à intégrale de Dirichlet finie. Il semble, que ces résultats restent valables pour toute la classe $C_{H_0D_0}(\supset C_{H_0D_1})$. Pour les surfaces de Riemann arbitraires, ce problème se met sous la forme : existe-t-il une base des intégrales telle que toute intégrale abélienne de première espèce (à intégrale de Dirichlet finie) peut s'exprimer comme combinaison linéaire des intégrales de la base, à une intégrale ayant une partie réelle HD près ?

3. Le théorème indiqué ([1]) donne encore le théorème suivant concernant les surfaces paraboliques démontré par M. Nevanlinna ([5]) à l'aide des équations intégrales [*cf.* aussi ([4])].

Soit F une surface de Riemann ouverte et soient A et B deux domaines non compacts de F avec un domaine commun compact AB doublement connexe. Soient dans AB deux fonctions harmoniques uniformes a et b, dont la différence des fonctions conjuguées soit uniforme dans AB. *Dans le cas où* F *possède une frontière de mesure harmonique nulle, il existe dans* AB *une fonction harmonique uniforme f telle que la différence* $f - a$ *dans* A, *la différence* $f - b$ *dans* B, *soient prolongeables harmoniquement, bornées et uniformes*. En effet, nous n'avons qu'à choisir comme domaine F_0 du théorème cité ([1]) un domaine intérieur de AB séparant les deux contours de celui-ci, et l'existence de la fonction désirée sera établie.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Construction d'une loi de probabilité à partir d'une famille d'ensembles donnée.* Note (*) de M. **Georges Gourevitch**, présentée par M. Émile Borel.

A chaque nombre $a\,(0 \leqq a \leqq 1)$ faisons correspondre dans un espace T_k de points m à k dimensions, un ensemble P_a. Pour $a_1 < a_2$ on a $P a_1 \subset P a_2$. Il s'agit de construire une loi de probabilité d'un point aléatoire M telle que $\Pr\{M \in P_a\} = a$ quel que soit a.

([2]) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A. I, nº 1, 1941, p. 31; nº 31, 1945, p. 3; nº 56, 1949, p. 8.

([3]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 42.

([4]) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A. I., nº 1, 1941, p. 1-34.

([5]) *Comm. Math. Helv.*, 22, nº 4, 1949, p. 302-316.

(*) Séance du 14 décembre 1949.

1° $k=1$: T_1 est une droite. On suppose que les P_a sont des intervalles dont les extrémités sont définies par deux fonctions $t(a)$ et $u(a)$ continues et respectivement décroissante et croissante. On a $t(0)=u(0)$ pour fixer les idées ([1]). On peut au moyen de t et u définir une fonction inverse $a(m)$ univoque. Soient deux fonctions positives $f(a)$ et $g(a)$, telles que $f(a)+g(a)=a$ définies dans les mêmes limites que t et u, et croissantes.

La loi de probabilité est alors

$$\Pr\{M<m\}=f(1)-f[a(m)] \qquad \text{pour} \quad m\leqq t(0),$$
$$\Pr\{M<m\}=f(1)+g[a(m)] \qquad \text{pour} \quad m\geqq u(0).$$

On peut généraliser en supposant que les P_a sont composés d'un nombre fini d'intervalles, dont les extrémités sont définies par des fonctions analogues à t et u.

2° $k=2$: T_2 est un plan. Soient x et y les coordonnées de m, X et Y les variables aléatoires correspondantes. Les ordonnées extrêmes des ensembles P_a sont définies par les fonctions $y=t(a)$, $y=u(a)$. On les suppose dérivables. Les ensembles P_a sont tels que leurs intersections avec la droite d'ordonnée y sont des ensembles étudiés dans le 1°, les extrémités des intervalles étant des fonctions de a pouvant être définies seulement pour des valeurs de $a\geqq a_0$ [le nombre a_0 est donné par l'équation $y=u(a_0)$ ou $y=t(a_0)$].

Pour construire la loi de probabilité, on considère la fonction

$$B(y, a)=A(a)-A[a(y)],$$

où $A(a)$ est une primitive de $[1/(u(a)-t(a))]$ et $a(y)$ la fonction analogue à $a(m)$ du 1°.

$B(y, a)$ est définie, continue, et dérivable, sauf (peut-être) pour $a=0$ et $y=t(0)=u(0)$. On a sous certaines conditions fréquement remplies

$$\int_{t(a)}^{u(a)} B(y, a)\,dy=a \qquad \text{(quel que soit } a \text{ non nul).}$$

B est positif à l'intérieur de l'intervalle d'intégration, et nul aux extrémités. Il est croissant avec a. On prend comme loi marginale de Y, $C(y)=B(y, 1)$ la loi conditionnelle de X, y étant fixe, sera construite comme dans le 1° en faisant correspondre à chaque ensemble linéaire $P_1(y, a)$ intersection de Pa avec la droite d'ordonnée y, le nombre $b(y, a)=B(y, a)/C(y)$. b est compris entre 0 et 1. Il augmente de façon continue de 0 à 1 quand a augmente de a_0 à 1.

Il en résulte que

$$\Pr\{M\in P_1(y, a)\}=b(y, a)$$

(1) Cette condition n'est pas nécessaire. On peut même supposer que l'une des fonctions n'est définie que pour $a\geqq a_0$, a_0 non nul.

et

$$\Pr\{M \in Pa\} = \int_{t(a)}^{u(a)} C(y)\, b(y, a)\, dy = \int_{t(a)}^{u(a)} B(y, a)\, dy = a.$$

3° k est quelconque. Les coordonnées aléatoires de M sont $X_1, X_2, \ldots, X_k$. En définissant une loi marginale de X_k par une méthode analogue à la précédente, on se ramène à étudier le problème dans un espace à $k-1$ dimensions, etc.

Exemple. — Considérons pour $k=2$ des rectangles dont les côtés sont parallèles aux axes et déterminés par les coordonnées $\pm a$ et $\pm a^2$.

$$B(y, a) = -\frac{1}{2a} + \frac{1}{2\sqrt{\pm y}}.$$

Supposons $y > 0$ pour fixer les idées.

$$b(y, a) = \frac{-\frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{y}}}{-1 + \frac{1}{\sqrt{y}}}.$$

La fonction inverse considérée dans le 1° sera par exemple :

$$b(y, x) = \frac{-\frac{1}{x} + \frac{1}{\sqrt{y}}}{-1 + \frac{1}{\sqrt{y}}} \qquad \text{entre les abscisses} \quad -\sqrt{y} \text{ et } 1.$$

Prenons pour fonction f et g,

$$f = \frac{b}{2}, \qquad g = \frac{b}{2}.$$

On a par un raisonnement facile à étendre à tous les cas,

$$\Pr\{X < x\} = \frac{-\frac{1}{x} + \frac{1}{\sqrt{y}}}{-2 + \frac{2}{\sqrt{y}}} + \frac{1}{2} \qquad \text{pour} \quad \sqrt{y} \leqq x \leqq 1,$$

On en déduit facilement la fonction des probabilités totales $F(x, y)$.

Pour x et y positifs et $x > \sqrt{y}$,

$$F(x, y) = \frac{1+x}{4} + \sqrt{y} - \frac{1}{4}\left(y + \frac{y}{x}\right).$$

On peut appliquer les résultats de cette étude aux ensembles estimateurs d'un paramètre inconnu. Pour un point donné, on a des ensembles estimateurs Pa. En considérant le paramètre comme une variable aléatoire dont la loi de probabilité est définie par les Pa, on obtient l'expression de cette loi par les considérations précédentes.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur certaines propriétés des lois indéfiniment divisibles*. Note (*) de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Émile Borel.

1. Je répondrai tout d'abord à la troisième question posée dans ma Note : *Sur la structure des semi-groupes de variables aléatoires* [1] en montrant *qu'il existe une fonction caractéristique ou génératrice* $\varphi(z)$ *telle que* $\varphi^{\alpha}(z)$ *soit caractéristique ou génératrice pour certaines valeurs non entières de* α *sans que* $\varphi(z)$ *soit attachée à une loi indéfiniment divisible*. Dans ma Note citée j'ai établi que les polynomes

$$P^{m}(z)=(1+2z-z^{2}+3z^{3}+3z^{4})^{m},$$

avec $m>1$, ont tous leurs coefficients positifs. La fonction

$$\varphi^{\alpha}(z)=e^{\alpha(1+2z-z^{2}+3z^{3}+3z^{4})}=\sum\frac{\alpha^{n}P^{n}(z)}{n!}=\Sigma b_{n}z^{n}$$

aura donc un développement de Taylor autour de l'origine tel que tous les b_n soient positifs pour $n=1$ et $n\geq 3$. Seul b_2 pourra être négatif. Pour que b_2 soit positif ou nul il faut et il suffit que $a\geq 1/2$ (le plus simple pour l'établir est de calculer la dérivée seconde) $\varphi^{\alpha}(z)$ est par conséquent génératrice dans ce cas et dans ce cas seulement. $\varphi(z)$ est donc génératrice ainsi que certaines puissances non entières mais n'est pas attachée à une loi indéfiniment divisible. Car dans ce cas $\varphi^{\alpha}(z)$ devrait être caractéristique pour tout $\alpha\geq 0$. D'ailleurs $\varphi(z)$ n'a pas la forme des fonctions génératrices des lois indéfiniment divisibles signalée par M. Paul Lévy dans la *Théorie de l'Addition des variables aléatoires* n° 54.

On a ici un exemple d'un semi-groupe élémentaire $\varphi^{\alpha}(z)$ dans lequel l'ensemble additif des α n'est ni l'ensemble de tous les nombres positifs ou nuls ni l'ensemble des entiers positifs.

2. On peut se demander à quelles conditions doit satisfaire un ensemble additif E pour que l'on puisse trouver une fonction $\varphi(z)$ telle que seules les $\varphi^{\alpha}(z)$ avec $\alpha\in E$ soient caractéristiques. D'après les propriétés des familles de fonctions caractéristiques E doit être fermé. Les exemples donnés résolvent le problème pour E identique à l'ensemble des α réels supérieurs ou égaux à un nombre donné et pour E identique à l'ensemble des entiers supérieurs à 1. Il est facile de trouver une fonction $\varphi(z)$ telle que E soit l'ensemble $k\alpha$ (α quelconque $k=1, 2, \ldots$). De même on peut montrer que :

La condition nécessaire et suffisante pour que $\varphi(z)$ *soit caractéristique d'une loi indéfiniment divisible est qu'il existe une suite de valeurs* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \ldots,$ *avec* $\lim\alpha_n=0$ *telle que* $\varphi^{\alpha_n}(z)$ *soit caractéristique.*

(*) Séance du 2 janvier 1950.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 50.

3. En utilisant le fait qu'aucune fonction caractéristique analytique de loi indéfiniment divisible ne peut avoir de zéros, on en déduit :

THÉORÈME I. — *Aucune variable aléatoire bornée n'est indéfiniment divisible.*

En particulier la variable aléatoire homogène de fonction caractéristique $\sin t/t$ n'est pas indéfiniment divisible bien qu'admettant une infinité de diviseurs infiniment petits.

THÉORÈME II. — *De toutes les variables aléatoires à fonction caractéristique d'ordre fini, seule la variable normale est indéfiniment divisible car elle est la seule à ne pas avoir de zéros.*

THÉORÈME III. — *Aucune variable aléatoire indéfiniment divisible et ayant une fonction caractéristique analytique dans une bande d'épaisseur arbitrairement petite ne peut avoir comme composante une aléatoire prenant seulement 2 valeurs avec la même probabilité.*

Et plus généralement :

THÉORÈME IV. — *Aucune variable aléatoire, indéfiniment divisible, de fonction caractéristique analytique dans la bande* $|\mathcal{I}_z| < h$ *ne peut avoir de composantes prenant seulement 2 valeurs* x_1 *avec la probabilité* p_1 *et* x_2 *avec la probabilité* p_2 *si* $|(\log p_1 - \log p_2)/(x_1 - x_2)| < h$. Car elle aurait des zéros à l'intérieur de la bande d'analycité.

M. Paul Lévy a par ailleurs donné des exemples de lois indéfiniment divisibles produits de facteurs indécomposables, mais ces facteurs n'ont pas de zéros.

MÉCANIQUE. — *Expériences sur la lubrification de patins.* Note de MM. **Frédéric Morel** et **Gérard Leroy**, présentée par M. Henri Beghin.

Pour examiner l'influence des huiles sur le frottement au départ et aux faibles vitesses, nous avons utilisé la machine étudiée précédemment par l'un de nous (1) sur le principe suivant :

Sur une couronne plate tournante reposent deux frotteurs diamétralement opposés, retenus par une tige axiale. De la torsion de cette tige on déduit la force de frottement.

Le frottement au départ est mesuré en mettant la machine en route après une minute d'arrêt et en notant la torsion au moment du décollage.

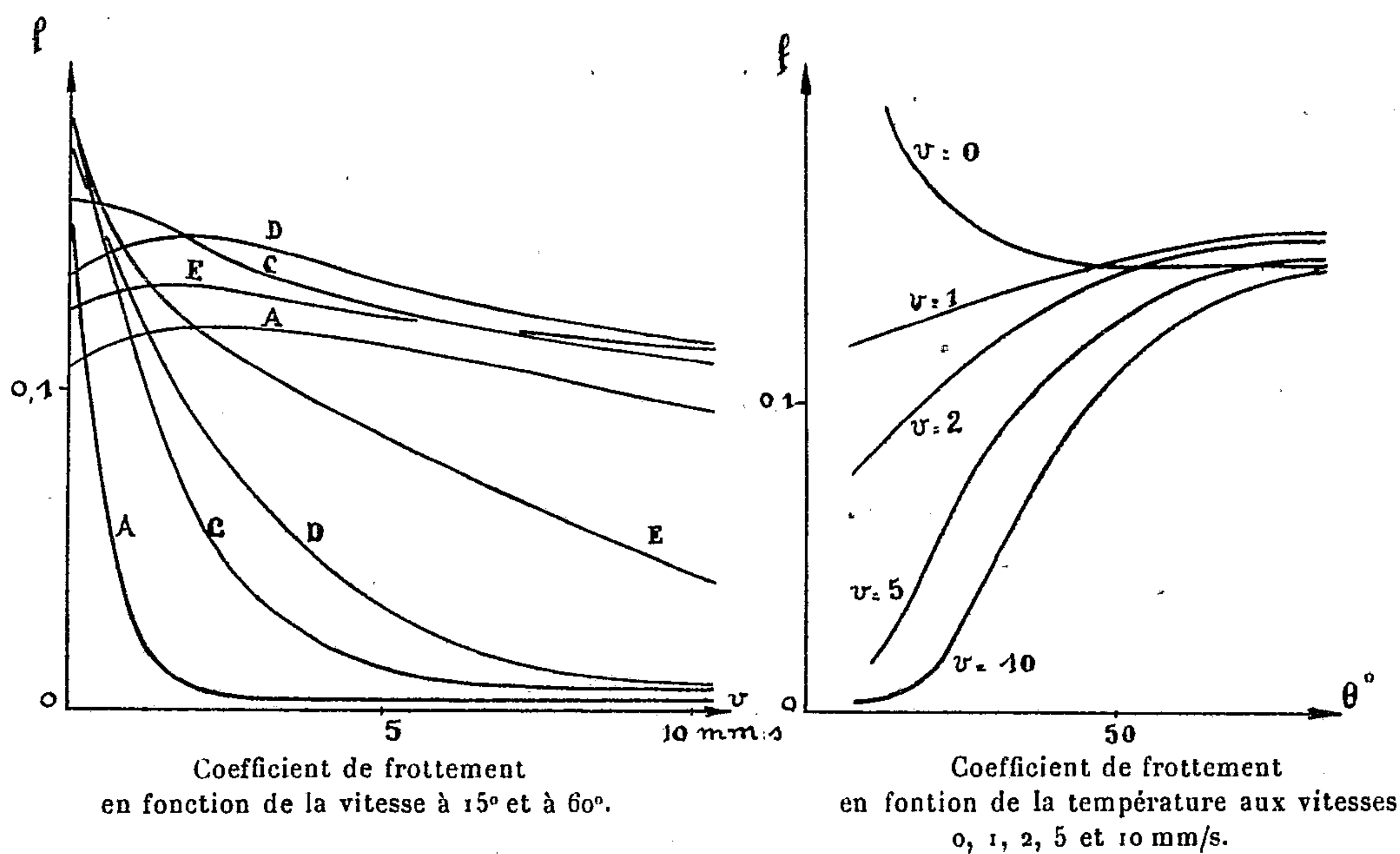
La couronne, en acier cémenté et trempé, peut prendre des vitesses périphériques de 0,3 m/sec à 2 m/sec; mais, vu le but poursuivi, nous nous sommes limités à 20 mm/sec.

Les frotteurs, en acier dur, ont la forme d'un secteur de 4^{cm^2}. Ils reçoivent la pression par l'intermédiaire d'une rotule, à la manière des patins Mitchell.

---

(1) A. Ferry, *La Recherche scientifique et les Économies de matière*, Paris, 1946, p. 134.

Diverses huiles pour pivoteries ont été essayées sous une pression moyenne de 6,5 kg/cm². Les résultats obtenus sont figurés dans les courbes ci-dessous



Coefficient de frottement
en fonction de la vitesse à 15° et à 60°.

Coefficient de frottement
en fontion de la température aux vitesses
0, 1, 2, 5 et 10 mm/s.

qui donnent le coefficient de frottement en fonction de la vitesse et en fonction de la température. Elles font ressortir les points suivants :

Influence de la vitesse. — A froid le frottement diminue très rapidement quand la vitesse augmente. De cette diminution résultent, suivant un mécanisme classique, de fortes oscillations autoentretenues quelle que soit la puissance de l'amortisseur employé. Au-dessous d'une certaine vitesse, il n'y a plus glissement, mais une succession d'accrochages.

Influence de la température. — *a.* le frottement au départ ($v = 0$) diminue quand la température augmente de 10° à 60° C.

b. pour une vitesse constante (non nulle), le frottement croît avec la température.

c. jusqu'à des températures de l'ordre de 30° C, les courbes donnant le frottement en fonction de la vitesse tournent toutes leur concavité vers le haut. Pour les températures supérieures, la courbe est concave vers le bas ; le frottement commence par croître, passe par un maximum, puis décroît lentement. Tout broutage au démarrage disparaît alors, mais, jusqu'à des vitesses importantes, le frottement reste élevé (plusieurs fois supérieur au frottement à basse température).

Influence de la nature de l'huile. — Le coefficient de frottement dépend de la viscosité de l'huile et d'un facteur d'onctuosité que l'on peut rattacher à son indice de saponification.

On relève en effet, pour les différentes huiles, les caractéristiques suivantes :

Huile.	Température 15°. Viscosité cinématique (centistokes).	Coefficients de frottement $v = 0$.	Coefficients de frottement $v = 1$ mm/s.	Température 80°. Viscosité (centistokes).	Coefficient de frottement $v = 0$.	Indice de saponification
A	1700	0,150	0,036	57	0,104	2
B	580	0,160	0,094	29	0,134	0,3
C	525	0,183	0,112	25	0,150	0
D	420	0,182	0,120	20	0,136	0
E	210	0,180	0,132	18	0,115	1,2

On voit qu'à froid (15°C) la viscosité a un rôle prépondérant. Il semble que l'on ait un contact onctueux aux parties saillantes, et qu'il se forme, au contraire, des films à régime pseudo-hydrodynamique à l'aplomb des parties inclinées de la surface; la diminution corrélative du frottement, en rapport avec la viscosité, domine les faibles variations causées par les différences d'onctuosité des huiles minérales même doppées.

A chaud, au contraire, la viscosité est très faible et l'onctuosité plus efficace : l'ordre des coefficients de frottement est en effet le même que celui des indices de saponification.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la réactivité des sols.*

Note de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

Soit une terre isotrope, homogène, saturée d'eau de pression q. Les déformations de l'ossature sont supposées élastiques; elles dépendent des contraintes intergranulaires, égales aux contraintes totales diminuées de la pression de l'eau. Les équations de l'équilibre élastique sont alors

$$(1)\qquad (\lambda+\mu)\frac{\partial\theta}{\partial x^i}+\mu\Delta u^i-\frac{\partial q}{\partial x^i}=0 \qquad (i=1,\,2,\,3),$$

λ, μ, coefficients de Lamé; x^i, coordonnées; u^i, composantes du déplacement; Δ, laplacien; θ, dilatation cubique $\sum_j \frac{\partial u^j}{\partial x^j}$.

D'autre part la diminution de volume d'un élément du sol est égale au volume d'eau évacuée, soit d'après la loi de Darcy

$$(2)\qquad \frac{\partial\theta}{\partial t}=\frac{K}{\gamma(1-n)}\Delta q,$$

K, perméabilité; n, porosité; γ, poids spécifique de l'eau; t, temps.

Les quatre équations (1) et (2) déterminent les quatre fonctions $u^i(x, y, z, t)$, $q(x, y, z, t)$, lorsqu'on leur adjoint :

a. les conditions au contour (quatre conditions à tout instant $t > 0$);

b. les conditions initiales. Toutes ces conditions sont linéaires, ce qui permet de superposer les solutions.

A. *Charge constante*. — Le domaine D étant en équilibre, on impose à l'intant O une charge (ou un déplacement) maintenue ensuite constante. Considérons :

1° une solution indépendante de t satisfaisant aux conditions (a). Cette solution $u^i_\infty(x, y, z)$, $q_\infty(x, y, z)$ définit l'état vers lequel tend le sol pour $t = \infty$;

2° des solutions de la forme $u^i(x, y, z)e^{-\alpha t}$, $q(x, y, z)e^{-\alpha t}$ satisfaisant aux conditions (a) rendues homogènes; de telles solutions n'existent que pour certaines valeurs propres $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p, \ldots$, de α. Je démontre que toutes les valeurs propres sont positives; les fonctions correspondantes jouissent de la propriété d'orthogonalité suivante :

$$\iiint_D q_p(x, y, z)\, \theta_m(x, y, z)\, dx\, dy\, dz = 0, \qquad \text{pour} \quad p \neq m.$$

Formons alors la solution

$$u^i(x, y, z, t) = u^i_\infty(x, y, z) - \Sigma A_p u^i_p(x, y, z)\, e^{-\alpha_p t},$$
$$q\ (x, y, z, t) = q_\infty(x, y, z) - \Sigma A_p\, q_p(x, y, z)\, e^{-\alpha_p t}.$$

Elle satisfait aux conditions (a). Restent les conditions (b). A l'instant O un déplacement pratiquement instantané est possible, mais il doit se faire sans changement de volume, car l'eau ne peut être évacuée instantanément des vides. D'où

$$(b) \qquad \theta = 0, \quad \text{pour } t = 0, \qquad \text{soit} \quad \theta_\infty(x, y, z) = \Sigma A_p \theta_p(x, y, z).$$

Les A_p s'obtiennent donc en développant θ_∞ en série de fonctions θ_p; la propriété d'orthogonalité ci-dessus donne.

$$A_p = \iiint_D \theta_\infty q_p\, dx\, dy\, dz : \iiint_D \theta_p q_p\, dx\, dy\, dz.$$

J'ai appliqué cette méthode à divers problèmes de tassement et vérifié un résultat que j'avais précédemment [1] indiqué : les déformations immédiates sont celles d'un milieu élastique incompressible $(\lambda = \infty)$ de même coefficient μ que l'ossature; la surpression immédiate de l'eau est la moyenne arithmétique des trois contraintes principales évaluées dans ces conditions.

B. *Charge variable*. — Soit $G = Qf(t)$ la loi de l'évolution d'une grandeur G (contrainte, déplacement, etc.) en un point quelconque, lorsque la charge (ou le déplacement) imposée a une grandeur Q constante. On passe au cas d'une charge (ou d'un déplacement) variable en superposant les effets de la

---

[1] *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 666.

charge Q_0 appliquée à l'instant O et des charges additionnelles dQ appliquées par la suite. D'où

$$G = Q_0 f(t) + \int_{\tau=0}^{\tau=t} f(t-\tau)\, dQ(\tau) = Q(t) f(o) + \int_0^t Q(\tau) f'(t-\tau)\, d\tau.$$

Nous retrouvons la formule proposée par Boltzmann pour les phénomènes héréditaires. La solution ci-dessus précise la forme de $f(t)$

$$f(t) = f(\infty) - \sum B_p e^{-\alpha_p t}.$$

HYDRODYNAMIQUE. — *Mouvement permanent d'un fluide visqueux entre deux disques en rotation.* Note (*) de M. **Pierre Casal**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit un fluide visqueux situé entre deux disques de diamètre infini de même axe, distants de h. L'un tourne à la vitesse angulaire constante ω_0, l'autre est fixe. Nous allons montrer que le système des équations de Navier se ramène à un système de deux équations différentielles et nous en formerons la solution en séries entières du nombre de Reynolds $R = (\omega_0 h^2)/\nu$ dont nous montrerons la convergence.

Soient $u(r, \theta, z)$, $v(r, \theta, z)$ et $w(r, \theta, z)$ les composantes cylindriques de la vitesse au point de coordonnées r, θ et z.

Hypothèses. — 1° Les forces extérieures dérivent d'un potentiel $Q(r, z)$;

2° u, v et w sont indépendants de θ;

3° $v(r, z) \equiv r.\omega(z)$.

Ces hypothèses sont compatibles avec les conditions limites qui s'expriment

$$\omega(o) = \omega_0, \qquad \omega(h) = o, \qquad u(o) = u(h) = w(o) = w(h) = o.$$

Elles sont compatibles aussi avec les équations du mouvement [équations de Navier et de continuité ([1])] qui montrent que u et w doivent s'exprimer à l'aide d'une fonction $\varphi(z)$ par les formules

$$u = -r.\varphi'(z), \qquad w = 2\varphi(z).$$

Prenons la variable sans dimension $\zeta = z/h$ et les fonctions sans dimensions $F(\zeta) = \omega(z)/\omega_0$, $\Phi(\zeta) = h\varphi(z)/\nu$, les équations du mouvement se réduisent aux deux équations différentielles

$$\Phi''' + \Phi'^2 - 2\Phi\Phi'' = A + XF^2, \tag{1}$$

$$F'' - 2F'\Phi + 2F\Phi' = o, \tag{2}$$

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) H. Villat, *Leçon sur les fluides visqueux*, 1943, p. 434.

et les conditions limites à

$$F(0)=1, \quad F(1)=0; \quad \Phi(0)=\Phi(1)=\Phi'(0)=\Phi'(1)=0,$$

A étant une constante à déterminer et $X=R^2$.

Cherchons un développement de la forme

$$F(\zeta)=\sum_0^\infty X^n F_n(\zeta), \qquad \Phi(\zeta)=\sum_0^\infty X^n \Phi_n(\zeta).$$

La constante A sera elle-même sous la forme $\sum_0^\infty X^n A_n$. Ces séries représenteront bien la solution si elles sont convergentes quel que soit ζ compris entre 0 et 1 et si en outre chaque fonction F_n et Φ_n vérifient pour $n \geqq 1$,

$$F_n(0)=F_n(1)=\Phi_n(0)=\Phi_n(1)=\Phi'_n(0)=\Phi'_n(1)=0.$$

Ces dernières conditions permettent de voir que si α_n et β_n sont deux constantes positives telles que pour $0 \leqq \zeta \leqq 1$ on ait

$$|F_n| < \alpha_n \quad \text{et} \quad |\Phi_n| < \beta_n,$$

on a alors les inégalités

$$|F''_n| < \alpha_n, \qquad |F'_n| < \frac{3}{2}\alpha_n, \qquad |\Phi'''_n| < 3\beta_n,$$

$$|\Phi''_n| \leqq 4\beta_n, \qquad |\Phi'_n| \leqq \frac{5}{2}\beta_n, \qquad |A_n| \leqq \frac{5}{2}\beta_n,$$

En remplaçant alors dans (1) et (2) F et Φ par leur série et en identifiant les termes en X^n on obtient des formules de récurrence permettant de calculer de proche en proche les fonctions F_n et Φ_n (on trouve des polynomes de degré $6n+1$ et $6n-1$). Ces formules de récurrence permettent aussi de déduire des formules de récurrence pour les α_n et β_n qui montrent que les fonctions $f(X)=\Sigma\alpha_n X^n$ et $g(X)=\Sigma\beta_n X^n$ vérifient, quand elles sont convergentes deux équations algébriques qui s'écrivent, tous calculs faits :

$$f(X)-\alpha_0 = 8f(X)g(X),$$

$$\frac{1}{2}g(X)=\frac{57}{4}g(X)^2+Xf(X)^2.$$

Il est facile alors de voir que ces équations algébriques ne possèdent une solution satisfaisante que si X est inférieur à 0,03 environ.

En conclusion, si $X < 0,03$ [soit $(\omega_0 h^2/\nu) < 0,17$] les séries $f(X)$ et $g(X)$ sont convergentes. Comme ce sont des séries majorantes des séries des nodules de F et Φ, ces dernières sont *absolument* et *uniformément* convergentes et fournissent la solution du problème (écoulement laminaire).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le caractère problématique de certaines disjonctions* a posteriori *susceptible de fonder la composition ondulatoire des probabilités* (*Introduction de l'espace de Hilbert-Hermite*). Note de M. **Georges Bodiou**, transmise par M. Louis de Broglie.

On peut considérer que, seules, constituent des disjonctions (ou alternatives) vraies *a priori* celles qui portent sur des propositions contradictoires a_k et $\sim a_k$ (non a_k); mais savoir s'il est vrai qu'il y a disjonction entre des propositions a_1 et a_2, non formellement contradictoires, mais ayant un contenu objectif, est un problème; y répondre affirmativement, par exemple dans le cas d'attribution *a posteriori* d'une fente origine à un corpuscule incident en b_i ou dans le cas, d'importance fondamentale, où il s'agit, toujours *a posteriori* de localiser un corpuscule de moment donné sur l'un ou l'autre des deux segments d'un intervalle de l'axe des q sur lequel sa présence est certaine, constitue une schématisation préalable du corpuscule qui se trouve être inadéquate en physique quantique, elle n'est pas *schématisation appropriée* du concept de corpuscule ([1]).

Dans le cas des opérateurs non commutants nous distinguerons les *séquences effectives* dans lesquelles un caractère a_k peut être expérimentalement décelé avant le caractère b_i des *séquences hypothétiques* où ce n'est qu'*a posteriori* que le problème se pose d'attribuer le caractère a_k après avoir constaté le caractère b_i (on peut réduire le cas des ensembles finis quelconques, infinis dénombrables ou continus, de valeurs au cas de deux valeurs a_1 et a_2).

La probabilité totale du caractère b_i, quand il appartient à des *séquences effectives* a_k, b_i est donnée classiquement par les probabilités composées et totales,

$$\text{(C)}\quad P_{|b_i} = P_{a_1|b_i} + P_{a_2|b_i} = P_{a_1|}\, P^{a_1|}_{|b_i} + P_{a_2|}\, P^{a_2|}_{|b_i} = |(a_1|)|^2\,|(a_1|b_i)|^2 + |(a_2|)|^2\,|(a_2|b_i)|^2.$$

Mais s'il s'agit de *séquences hypothétiques*, la probabilité totale $P_{b_i|}$ est donnée par la composition ondulatoire

$$\text{(Q)}\qquad P_{b_i|} = |(b_i|)|^2 = |(a_1|)(a_1|b_i) + (a_2|)(a_2|b_i)|^2$$

qui permet l'annulation de cette Probabilité totale sans annulation séparée des probabilités composantes, en quoi consiste l'interférence des probabilités ([2]).

Utilisant l'image vectorielle des nombres complexes on voit que la règle de composition quantique (Q) équivaut à l'hypothèse d'existence d'un triangle ayant pour côtés $\sqrt{P_{b_i|}}$, $\sqrt{P_{a_1|b_i}}$, $\sqrt{P_{a_2|b_i}}$, et un calcul élémentaire montre qu'elle

---

([1]) Heisenberg, *Coll. sur les Prob.* (*Act. Sc.*, Herman, n° 766); G. Darmois, *Cours Borel*, 4, fasc. 3, note VI.

([2]) Louis de Broglie, *Revue Scientifique*, 3292-3293, p. 259.

équivaut donc à l'inégalité

$$(\mathrm{Q}') \qquad \frac{|\mathrm{P}_{b_i} - \mathrm{P}_{|b_i}|}{\mathrm{P}_{|b_i}} \leq 2\sqrt{\mathrm{P}_{a_1}^{|b_i}\,\mathrm{P}_{a_2}^{|b_i}}$$

(où les $\mathrm{P}_{a_k}^{|b_i}$ sont les probabilités de Bayes, *d'avoir eu le caractère* a_k, $\mathrm{P}_{a_k}^{b_i} = \mathrm{P}_{a_k|}\dfrac{\mathrm{P}_{|b_i}^{a_k|}}{\mathrm{P}_{|b_i}}$).

Le second membre de (Q′) a donc une signification probabiliste simple : c'est l'*écart-unité de Borel* de certaines fréquences liées aux probabilités de Bayes; cela nous a conduit vers l'interprétation qui suit :

Quel contenu objectif, c'est-à-dire entraînant accord de 2 observateurs quelconques, donner au jugement de disjonction *a posteriori* de a_1 et de a_2 en l'absence de critère expérimental, sinon la constatation de certaines *concordances moyennes* dans des attributions aléatoires indépendantes seules possibles, mais réglées par le principe de Bayes, de a_1 et de $\sim a_1$ d'une part et de a_2 et de $\sim a_2$ d'autre part; si le tirage du premier groupe donne a_1 et celui du second $\sim a_2$ il y a vérification du jugement disjonctif, mais il n'y a pas vérification si le premier donne a_1 et le second a_2, ni si le premier donne $\sim a_1$ et le second $\sim a_2$; il ne peut en définitive y avoir que vérification approchée; on est conduit, puisque la nature corpusculaire du phénomène de caractère b_i, est rendue solidaire de la vérité du jugement disjonctif *a posteriori*, à pondérer cette vérité par l'introduction du *poids corpusculaire*, p, de chaque constatation de b_i relativement aux couplages éventuels; ce poids p est la somme de deux variables aléatoires indépendantes, l'une de valeurs possibles 0 correspondant à $\sim a_1$) et 1 (correspondant à a_1 de probabilités) $\mathrm{P}_{\sim a_1|}^{|b_i} = \mathrm{P}_{a_2|}^{|b_i}$ et $\mathrm{P}_{a_1|}^{|b_i}$, l'autre de valeurs possibles 0 (correspondant à $\sim a_2$) et 1 (correspondant à a_2), de probabilités $\mathrm{P}_{a_1|}^{|b_i}$ et $\mathrm{P}_{a_2|}^{|b_i}$, on trouve facilement que la valeur moyenne de p est 1 et son écart quadratique moyen $\sigma = \sqrt{2}\,\sqrt{\mathrm{P}_{a^1|}^{|b_i}.\mathrm{P}_{a_2|}^{|b_i}}$.

Il devient alors naturel de tolérer, tout en maintenant la nature corpusculaire, une certaine *imprécision* du poids corpusculaire de chaque constatation de b_i; si cette imprécision est e, il s'ensuivra que si l'on constate n' fois b_i sur N déterminations de b, au lieu de n fois prévues par le calcul classique à partir des séquences a_k, b_i, on pourra légitimement affirmer la nature corpusculaire si

$$\frac{n'-n}{n} = \frac{\dfrac{n'}{\mathrm{N}} - \dfrac{n}{\mathrm{N}}}{\dfrac{n}{\mathrm{N}}} \leq e$$

pour des nombres n, n', N suffisamment grands, ceci conduit à tolérer entre la probabilité réelle $\mathrm{P}_{b_i} = (n'/\mathrm{N})$ et la probabilité classique $\mathrm{P}_{|b_i} = (n/\mathrm{N})$ tout écart relatif vérifiant l'inégalité

$$\frac{|\mathrm{P}_{b_i|} - \mathrm{P}_{|b_i}|}{\mathrm{P}_{|b_i}} \leq e.$$

Comparant ceci à la règle de composition ondulatoire sous sa forme (Q′), on est conduit à l'énoncé fondamental suivant :

La règle ondulatoire de composition des Probabilités équivaut à tolérer, sur le poids corpusculaire des couplages a posteriori *une imprécision égale à l'écart-unité de ce poids*

$$e = \sigma\sqrt{2} = 2\sqrt{P_{a_1}^{|b_i}P_{a_2}^{|b_i}}.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Résolution des équations fondamentales d'une théorie unitaire purement affine.* Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons montré ([1]) que les variétés à connexion affine de coefficients $\Delta^{\rho}_{\mu\nu} = \Gamma^{\rho}_{\mu\nu} + (1/2)\Lambda^{\rho}_{\mu\nu}$ permettent de définir trois tenseurs antisymétriques $F_{\mu\nu}$, $S_{\mu\nu}$, $H_{\mu\nu}$ et un tenseur symétrique ($G_{\mu\nu}R_{\mu\nu} \doteq F_{\mu\nu} + G_{\mu\nu}$) dont peut dépendre, dans le cas général, une fonction d'action. Un principe variationnel montre que les $\Delta^{\rho}_{\mu\nu}$ sont solutions des 64 équations

$$D_{\gamma}\mathcal{R}^{\alpha\beta} - \frac{1}{2}R^{\alpha\beta}\Lambda_{\gamma} + \frac{1}{2}\left(R^{\alpha\rho}\Lambda^{\beta}_{\gamma\rho} - R^{\rho\beta}\Lambda^{\alpha}_{\gamma\rho}\right) + \frac{1}{2}R^{\alpha\mu}\Lambda_{\mu}\,\delta^{\beta}_{\gamma}$$
$$= -\frac{2}{3}\mathfrak{F}^{\beta}\,\delta^{\alpha}_{\gamma} + \frac{2}{3}\left(\mathfrak{S}^{\alpha}\,\delta^{\beta}_{\gamma} + \mathfrak{S}^{\beta}\,\delta^{\alpha}_{\gamma}\right) \qquad \left(R^{\lambda\beta} = \frac{\partial\mathfrak{A}}{\partial R_{\alpha\beta}}\right),$$

D_{γ} étant la dérivation covariante définie sans ambiguïté à l'aide des $\Gamma^{\rho}_{\mu\nu}$ symétriques.

On peut définir un tenseur $r_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} - \varphi_{\mu\nu}$, $\gamma_{\mu\nu}$ et $\varphi_{\mu\nu}$ respectivement symétrique et antisymétrique en μ et ν; r, γ et φ sont les déterminants $|r_{\mu\nu}|$, $|\gamma_{\mu\nu}|$, $|\varphi_{\mu\nu}|$; $rr^{\mu\nu}$, $\gamma\gamma^{\mu\nu}$, $\varphi\varphi^{\mu\nu}$ les mineurs relatifs à chaque élément $r_{\mu\nu}$, $\gamma_{\mu\nu}$, $\varphi_{\mu\nu}$. En posant $\mathcal{R}^{\mu\nu} = \sqrt{-r}\,r^{\mu\nu}$ et

$$\Delta^{\rho}_{\mu\nu} = \Delta'^{\rho}_{\mu\nu} - \frac{1}{3}\delta^{\rho}_{\mu}\Lambda_{\nu} - \frac{1}{3}\left(\delta^{\rho}_{\mu}r_{\lambda\nu} + \delta^{\rho}_{\nu}r_{\mu\lambda}\right)s^{\lambda} + r_{\mu\nu}s^{\rho} + \frac{1}{3}\delta^{\rho}_{\nu}r_{\mu\lambda}f^{\lambda}$$
$$- \frac{1}{2}r_{\mu\nu}\left(f^{\rho} - f^{\bar{\rho}}\right) + \frac{1}{2}\left(\delta^{\rho}_{\mu}r_{\nu\lambda} - \delta^{\rho}_{\nu}r_{\mu\lambda}\right)\left(f^{\bar{\lambda}} + f^{\lambda}\right) \qquad \left(f^{\bar{\lambda}} = \gamma^{\lambda m}\varphi_{mn}f^{n}\right),$$

on aboutit à la condition très simple

(1) $$D'_{\gamma}r^{\alpha\beta}_{+-} = 0,$$

D'_{γ} étant la dérivation qui fait intervenir les coefficients $\Delta'^{\rho}_{\mu\nu}$. Les symboles +, — ont été définis par Einstein et la formule (1) est formellement identique à celles qu'ont proposées Einstein et Schrödinger ([2]). Elle tient compte, de plus,

---

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 368.

([2]) Einstein, *Ann. of Math.*, 46, 1945, p. 581 ; Schrödinger, *Proc. Roy. Ir. Acad.*, 51, A 16, 1948, p. 207.

des trois champs antisymétriques qu'il est possible de former dans cette théorie.

Cela étant, tout revient à résoudre les 64 équations (1) pour déterminer la connexion affine Δ et, à l'aide des Δ, les tenseurs fondamentaux de la théorie. C'est ce que nous avons fait dans le cas où l'on introduit une métrique symétrique. La résolution dans le cas affine est en tous points analogue. Voici le principe de cette résolution : (1) s'écrit encore

$$\partial_\gamma r^{\alpha\beta} + \Delta'^{\alpha}_{\mu\gamma} r^{\mu\beta} + \Delta'^{\beta}_{\gamma\mu} r^{\alpha\mu} = 0.$$

En multipliant par $r_{\alpha p} r_{q\beta}$ on obtient deux équations (S_1) et (A_1) respectivement symétriques et antisymétriques en p et q. En permutant γ et q, puis γ et p, on obtient par combinaison linéaire avec (S_1) et (A_1)

$$\text{(S)} \qquad 2\gamma_{\gamma\alpha} u^{\alpha}_{pq} + (\varphi_{\alpha p} \Lambda'^{\alpha}_{q\gamma} + \varphi_{\alpha q} \Lambda'^{\alpha}_{p\gamma}) = 0,$$

$$\text{(A)} \qquad -\psi_{pq\gamma} + 2\mathring{D}_\gamma \varphi_{pq} + 2(\varphi_{\alpha p} u^{\alpha}_{q\gamma} - \varphi_{\alpha q} u^{\alpha}_{p\gamma}) + \gamma_{\alpha\gamma} \Lambda'^{\alpha}_{pq} = 0.$$

en posant

$$u^{\alpha}_{pq} = \Gamma'^{\alpha}_{pq} - \left\{ {\alpha \atop pq} \right\} = \Gamma'^{\alpha}_{pq} - \frac{1}{2}\gamma^{\alpha\lambda}(\partial_p \gamma_{q\lambda} + \partial_q \gamma_{p\lambda} - \partial_\lambda \gamma_{pq}),$$

$$\psi_{pq\gamma} = \partial_p \varphi_{q\gamma} + \partial_\gamma \varphi_{pq} + \partial_q \varphi_{\gamma p}$$

et en désignant par $\mathring{D}$ la dérivation qui fait intervenir les $\{\ \}$.

En multipliant par $\gamma^{\rho\gamma}$, on peut tirer de (S) la valeur de u^{α}_{pq} et la porter dans (A). Tout revient donc à résoudre 24 équations (A) en Λ'^{α}_{pq}. Finalement on peut mettre ces 24 équations sous la forme de six groupes (pq) d'équations à quatre inconnues (suivant l'indice γ). On trouve en effet

$$\text{(E)} \qquad V_{pq,\gamma} - 2\sqrt{\frac{\varphi}{\gamma}} V^{*}_{pq,\gamma} + V_{pq,\overline{\overline{\gamma}}} = \mathcal{R}_{pq,\gamma}$$

avec

$$V^{*}_{pq,\gamma} = \frac{\sqrt{\gamma}}{2} \varepsilon_{pqab} \gamma^{am} \gamma^{bn} V_{mn,\gamma}, \qquad V_{pq,\overline{\overline{\gamma}}} = \varphi_{\gamma\lambda} \gamma^{\lambda\sigma} \varphi_{\sigma\rho} \gamma^{\rho\mu} V_{pq,\mu},$$

$$\begin{aligned} \mathcal{R}_{pq,\gamma} = & -2\mathring{D}_\gamma \varphi_{pq} + \psi_{pq\gamma} - \sqrt{\frac{\varphi}{\gamma}} \psi^{*}_{(pq)\gamma} - \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varphi}{\gamma}} \varphi^{*}_{pq} \varphi^{\mu\nu} \psi_{\mu\nu\gamma} \\ & + 2\varphi_{pq} \partial_\gamma \operatorname{Log} \frac{r}{\gamma} - \sqrt{\frac{\varphi}{\gamma}} \varphi^{*}_{pq} \partial_\gamma \operatorname{Log} \frac{r}{\varphi} - \sqrt{\varphi}\, \varepsilon_{pq\gamma n} \varphi^{mn} \partial_m \operatorname{Log} \frac{r}{\gamma} \\ & + \frac{\varphi}{\sqrt{\gamma}} \varepsilon^{*}_{(pq)\gamma n} \varphi^{mn} \partial_m \operatorname{Log} \frac{r}{\varphi} - \gamma^{\alpha\lambda} [G \varepsilon_{pq\alpha\gamma} \Lambda'_\lambda + \varphi_{\lambda\gamma}(\varphi_{\alpha q} \Lambda'_p + \varphi_{p\alpha} \Lambda'_q + \varphi_{qp} \Lambda'_\alpha)]. \end{aligned}$$

$$(\Lambda'_\rho = 2 r_{\rho\lambda}(f^\lambda + f^{\bar{\lambda}}))$$

La résolution est facile en formant $(E)^{*}_{pq,\gamma}$, $(E)_{pq,\overline{\overline{\gamma}}}$ et en combinant linéairement avec (E). On trouve ainsi

$$(2) \qquad (x^2 - y^2) V_{pq,\gamma} = x S_{pq,\gamma} + y S^{*}_{pq,\gamma}$$

en posant

$$S_{pq,\gamma} = \left(2 - \frac{r}{\gamma} + \frac{\varphi}{\gamma}\right) R_{pq,\gamma} - 2\sqrt{\frac{\varphi}{\gamma}} R^{*}_{pq,\gamma} - R_{pq,\overline{\overline{\gamma}}}$$

$$x = 2 - \frac{r}{\gamma} + 6\frac{\varphi}{\gamma}, \qquad y = 2\sqrt{\frac{\varphi}{\gamma}}\left(3 - \frac{r}{\gamma} + \frac{\varphi}{\gamma}\right).$$

C'est l'expression (2) qui, transportée dans (S) puis dans la définition des tenseurs de base $R_{\mu\nu}$, $S_{\mu\nu}$, $H_{\mu\nu}$ conduit à leur expression rigoureuse. On constate que cette solution, qui découle pourtant des très simples équations ([1]) (généralisation directe de la condition $g_{ik;\rho} = 0$ de la relativité générale) est assez compliquée. L'interprétation physique des tenseurs ainsi formés, notamment de $R_{\mu\nu}$ dont la forme est identique au $\mathring{R}_{\mu\nu}$ de la relativité générale est loin d'être immédiate.

On peut déduire de la solution (2), la solution $V'_{pq,\gamma}$ qui résulte de l'introduction d'une métrique définie par le tenseur symétrique

$$g'^{\mu\nu} = r'^{\mu\nu} + f'^{\mu\nu} \qquad (R^{\mu\nu} = \sqrt{-g'}\, r'^{\mu\nu}).$$

On se trouve ainsi ramené à la solution que nous avons indiquée précédemment, solution qui fait apparaître l'invariant $\alpha = 1 + f + G'^2$ introduit déjà tout autrement par la théorie non linéaire de Born-Infeld.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les particules réciproques et la théorie des champs non localisables de Yukawa.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Yukawa ([1]) a proposé récemment une théorie des champs non localisables, représentés par des opérateurs Ω, qui dépendent à la fois des opérateurs de position dans l'espace-temps x_ν et des opérateurs de déplacement p^ν. Ces deux dernières espèces d'opérateurs sont censées obéir aux règles de non-commutation de la mécanique quantique ordinaire

$$x^\nu p_\mu - p_\mu x^\nu = [X^\nu, p_\mu] = i\hbar\delta^\nu_\mu, \tag{1}$$

tandis que les équations d'onde sont remplacées par certaines égalités, faisant intervenir à la fois les opérateurs de champs Ω et les opérateurs x^ν et p_μ. Ainsi, la théorie relativiste scalaire est-elle basée sur le système simultané suivant d'équations entre les opérateurs précités

$$\left\{\begin{array}{l}(a)\quad [p_\mu, [p^\mu, \Omega]] + m^2c^2\Omega = 0, \qquad (b)\quad [x_\mu, [x^\mu, \Omega]] - \lambda^2 = 0,\\ \qquad\qquad (c)\quad [x_\mu, [p^\mu, \Omega]] \equiv [p_\mu, [x^\mu, \Omega]] = 0.\end{array}\right. \tag{2}$$

L'équation (2*a*) est la généralisation de l'équation de Gordon-Klein, à laquelle elle se réduit lorsque Ω est un champ ordinaire, qui ne dépend pas de l'opérateur p^μ. Dans ce cas aussi, Ω commutant avec x^μ, on doit avoir nécessairement $\lambda = 0$, et l'on voit que l'intervention de cette nouvelle constante, ayant la dimension d'une longueur, est intimement liée au fait que Ω est fonction de l'opérateur p^μ. Ajoutons, que les équations (2*b*) et (2*c*) sont formées,

([1]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 300.

par une extension de l'équation (2a), conformément au principe de réciprocité de Born ([2]).

On peut constater que, dans la représentation où les opérateurs x^μ sont des matrices diagonales, chaque élément matriciel $(x''_\mu|\Omega|x'_\mu)$ est représentable par une fonction de deux variables $X_\mu = 1/2(x''_\mu + x'_\mu)$ et $r_\mu = (x''_\mu - x'_\mu)$, ce qui donne au système (2) l'aspect que voici

$$(2')\qquad \left(\frac{\partial^2}{\partial X_\mu \partial X^\mu} - k^2\right)\Omega(X_\mu, r^\mu) = (r_\mu r^\mu - \lambda^2)\Omega = r_\mu X^\mu \Omega = 0$$

système qui admet des solutions de la forme

$$(3)\qquad \Omega(X_\mu, r^\mu) = \omega(X_\mu, K_\mu)\,\delta(r_\mu, r^\mu - \lambda^2)\,\delta(x_\mu X^\mu); \qquad K_\mu K^\mu + K^2 = 0,$$

solutions qui, dans l'espace des r_μ et dans le référentiel propre de la particule, sont partout nulles sauf sur une sphère de rayon λ, jouant le rôle d'un rayon fini de la particule élémentaire.

Soulignons ici, la différence essentielle qui existe entre cette théorie et celles de Born. Dans ces dernières, on introduit deux constantes, le moment maximum b et la longueur minimum a, grandeurs liées par la relation $b.a = \hbar$. Aucune relation de ce genre n'est posée *a priori* dans la théorie de Yukawa, où d'ailleurs c'est l'énergie minimum $m_0 c^2$, que possède la particule dans son système au repos, qui intervient effectivement.

Comme nous avons dit précédemment, la mécanique ondulatoire ordinaire, d'une particule ponctuelle, s'obtient comme cas limite, en posant $\lambda = 0$. Un autre cas limite existe, en posant $m_0 = 0$, tout en maintenant $\lambda \neq 0$. Dans ce cas, le champ Ω ne dépend pas de la position de la particule dans l'espace-temps, mais uniquement de l'énergie et de la quantité de mouvement, possédées par elle. Cette particule *réciproque* est donc caractérisée par une masse propre nulle et une extension spatio-temporelle finie λ, et l'interaction entre cette sorte de particules ne peut se faire que par l'intermédiaire des fonctions d'interaction u qui dépendent des moments p_ν, de sorte que l'équation d'ondes de la particule réciproque s'écrit, dans l'extension en moments

$$(4)\qquad \left\{\frac{\partial^2}{\partial p_\nu \partial p^\nu} - \frac{1}{\hbar^2}[u(p) - \lambda^2]\right\}\Omega(p) = 0,$$

et l'état de la particule réciproque libre est représenté dans cet espace par une onde plane $\exp\{(1/i\hbar)P_\nu r^\nu\}$, avec $r_\nu r^\nu - \lambda^2 = 0$. Et de même qu'en Mécanique ondulatoire de M. Louis de Broglie, au moment P_ν est associé un vecteur-onde K_ν, inverse d'une longueur $K_\nu = (1/\Lambda_\nu) = (1/h)P_\nu$, on a ici, associé au rayon vecteur r_ν, qui définit l'état interne de la particule réciproque, un

([2]) M. BORN, *Proc. Roy. Soc. London*, A 165, 1938, p. 291; A 166, 1938, p. 552. M. BORN et H. S. GREEN, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, 62, 1949, p. 470; M. BORN, *Rev. Modern Physics*, 21, 1949, p. 463.

vecteur onde $k_\nu = (1/p_\nu) = (1/h)\,r_\nu$ dans l'extension en moments. En particulier, si nous enfermons la particule réciproque dans une boîte aux parois parfaitement réfléchissantes, c'est-à-dire que si l'énergie et la quantité de mouvement de la particule ne peuvent varier qu'à l'intérieur des intervalles donnés, on trouve une quantification et une structure réticulaire de l'espace de λ_ν.

Cela étant, on vérifie aisément que le système d'équations de Yukawa en l'absence d'interactions admet une solution particulière $\Omega(x, p) = \xi(x)\,\pi(p)$, où $\xi(x)$ et $\pi(p)$ sont des solutions de l'équation de Gordon Klein et de l'équation (4), respectivement, satisfaisant la relation

$$\xi'_\mu(x)\,\pi'^\mu(p) = 0, \tag{5}$$

avec

$$\xi'_\mu(x) = P_\mu[\xi(x)] \quad \text{et} \quad \pi'^\mu(p) = x^\mu[\pi(p)].$$

CHALEUR. — *Coefficients d'échange thermique dans l'azote bouillant.* Note de MM. **Louis Weil** et **Albert Lacaze**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La quantité de chaleur P échangée par unité de temps et de surface entre un élément chauffant et un liquide bouillant est une fonction de la différence de température Δt entre surface et liquide. Pour tous les liquides, elle passe par un maximum P_m atteint pour une différence de température Δt_m. P_m et Δt_m varient avec la nature de la surface et du fluide et la pression sous laquelle celui-ci bout ([1]). Dans le calcul des échanges, il est commode de connaître $\alpha = P/\Delta t$. Nous avons cherché, en vue de leur utilisation dans la construction de notre liquéfacteur d'hydrogène ([2]), les valeurs de P_m, Δt_m et de α en fonction de Δt pour l'azote liquide bouillant sous pression atmosphérique.

Nous avons pris comme élément chauffant des fils ou des tubes de cuivre, polis ou légèrement ternis. Nous avons déterminé leur différence de température Δt avec le fluide par une simple mesure de la résistance électrique de la partie immergée. Le véritable thermomètre ainsi construit a été étalonné aux divers points fixes (azote, oxygène, etc.). Pour mesurer la puissance cédée nous avons eu recours à deux procédés différents : une méthode électrique et une méthode volumétrique.

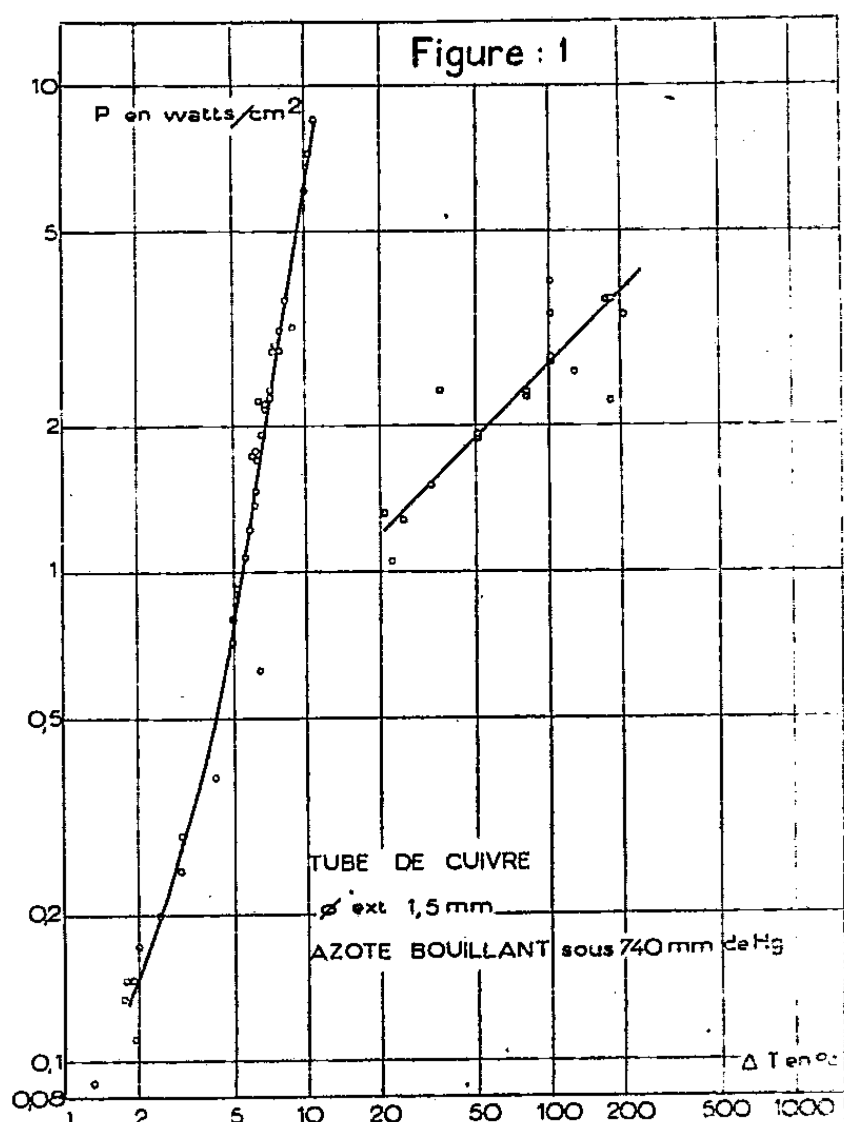
Dans la méthode électrique on mesure le courant qui parcourt l'élément et la différence de potentiel entre deux points voisins des extrémités. P commence d'abord par croître lentement en fonction de Δt, mais la variation s'accélère lorsque la différence de température approche de 10°. Il arrive un moment où,

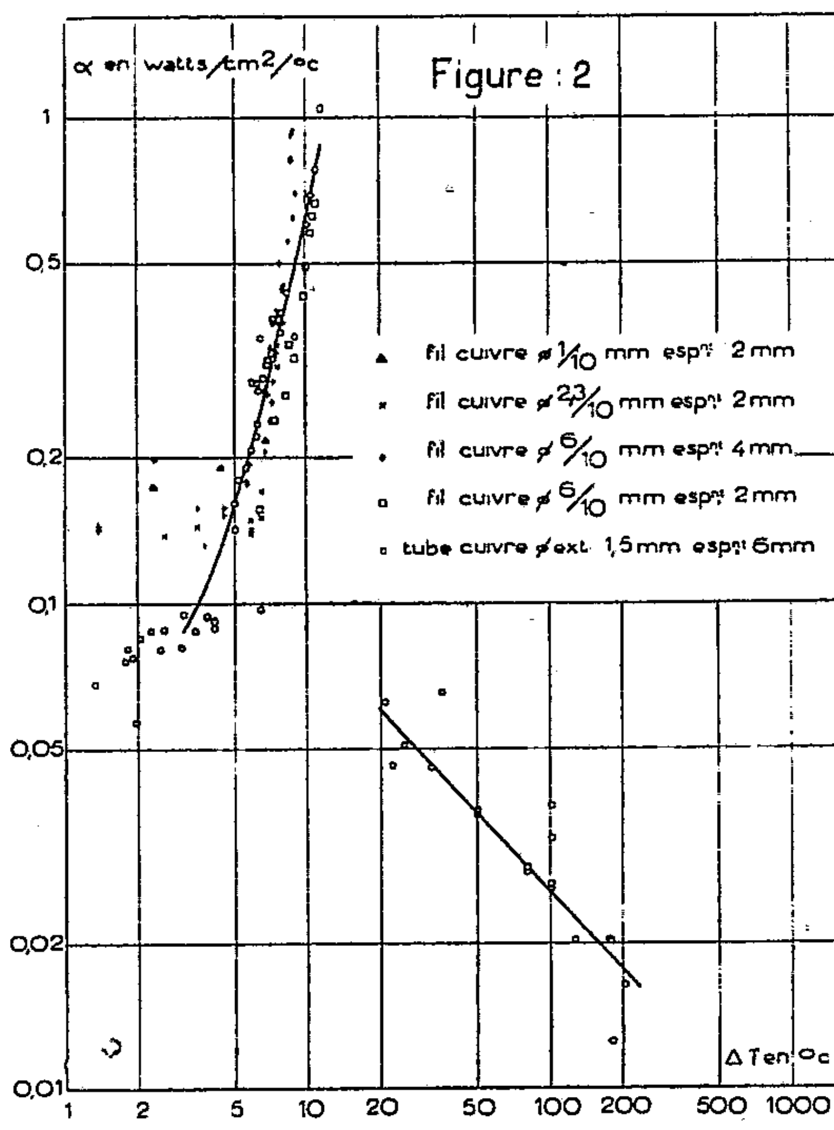
---

([1]) W. H. Mc Adams, *Heat Transmission*, 1942, p. 294.

([2]) A. Lacaze, *La France énergétique* (à paraître).

à une nouvelle augmentation de tension aux bornes de l'élément, correspond l'apparition d'une gaine de vapeur entourant le conducteur, véritable film isolant responsable du phénomène bien connu de la *caléfaction*. La puissance électrique sert alors presque uniquement à échauffer le conducteur et le porte très rapidement à la température de fusion. Les conditions d'apparition de la caléfaction dépendent évidemment de la nature de la surface; la vitesse avec laquelle on fait varier la puissance électrique influe également. C'est donc seulement une valeur approchée de P_m qu'on trouve en notant la puissance pour laquelle le fil fond. Mais l'imprécision sur P_m correspond à une imprécision fondamentale du phénomène observé et il serait vain de chercher à l'éluder sans s'entourer de précautions qui ne correspondraient plus aux conditions habituelles de fonctionnement des échangeurs.





Au delà de $\Delta t = \Delta t_m$, la méthode électrique ne s'applique plus. Dans la méthode volumétrique, nous avons mesuré le débit d'azote vaporisé; corrigé du débit dû aux pertes, il permet de calculer la chaleur cédée à l'azote liquide. La surface d'échange, délimitée par un calorifugeage, est chauffée à l'aide d'un courant d'hydrogène. La puissance fournie à l'azote provenant de la chaleur empruntée à l'hydrogène, celui-ci se refroidit au cours de son passage; la température varie d'une trentaine de degrés entre l'entrée et la sortie, malgré les débits importants (10 m³/heure) réalisés. Par variation de la température d'entrée de l'hydrogène, il est possible d'explorer toutes les valeurs de Δt, mais

il convient de se tenir assez loin des zones où P varie vite en fonction de Δt; nous nous sommes arrêtés à une vingtaine de degrés au-dessus de Δt_m.

La figure 1 donne les valeurs de P en fonction de Δt obtenues avec une spirale plate de 8^{cm} de diamètre faite d'un tube de $1/1^{mm}, 5$ de $1^m, 05$ de long; la surface d'échange est de $49^{cm^2}, 5$. Après avoir vérifié que les échanges étaient dans de larges limites indépendants de la profondeur d'immersion, nous avons placé la spirale à environ 15^{cm} de la surface libre. Nous avons trouvé $P_m = 8,5\ \mathrm{W/cm^2}$ et $\Delta t_m = 10°,8$. La figure 2 donne les valeurs de α pour le même élément chauffant.

Nous avons cherché à vérifier si, comme cela a lieu pour les autres fluides [1], les échanges de chaleur sont, tout au moins en première approximation, indépendants de l'arrangement et du diamètre des cylindres qui échangent. Nous avons fait des mesures avec des fils de 0, 1, 0, 23 et $0^{mm}, 6$ de diamètre, avec des espacements de spires variables. La puissance maximum par centimètre carré est toujours de l'ordre de $10\ \mathrm{W/cm^2}$ et est atteinte pour un écart de température de 10° environ. *Quelle que soit la forme de l'échangeur utilisé,* il y aura donc intérêt à le faire travailler avec un Δt de 10° ou moins; sinon les valeurs de α sont 5 à 10 fois plus petites. Pour amener le gaz à la température de l'azote liquide, il faudrait le faire passer dans un serpentin de dimensions prohibitives. Aussi procède-t-on à un prérefroidissement dans des échangeurs à contre-courant avec convection forcée.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Influence d'un champ quelconque sur une sphère ou sur un cylindre circulaire.* Note (*) de M. **Émile Durand**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le problème est de trouver une solution de l'équation de Laplace qui soit égale à une constante sur le conducteur, et qui n'admette pas d'autres singularités à l'extérieur que les sources du champ influençant.

Sphère conductrice reliée au sol. — Soit a le rayon de la sphère dont le centre est à l'origine. Si $\Phi_0 = f(r, \theta, \varphi)$ est le potentiel du champ influençant que l'on se donne, on a $\Delta\Phi_0 = 0$ en dehors des sources.

La solution du problème est, à l'extérieur de la sphère

$$\Phi = \Phi_0 + \psi = f(r, \theta, \varphi) - \left(\frac{a}{r}\right) f\left(\frac{a^2}{r}, \theta, \varphi\right). \tag{1}$$

En effet, quand $r = a$, on a bien $\Phi = 0$. Les sources du champ donné étaient nécessairement à l'extérieur de la sphère; les sources du champ dont le potentiel est ψ sont alors à l'intérieur. On peut considérer que ψ est obtenue à partir

(*) Séance du 2 janvier 1950.

de Φ_0 par une transformation de Lord Kelvin, puis par le changement de r en r/a^2 et enfin en divisant la fonction obtenue par a; on sait que toutes ces transformations opérant sur une fonction dont le Laplacien est nul donnent encore une fonction de Laplacien nul; on a donc $\Delta\psi = 0$, partout à l'extérieur de la sphère; on peut d'ailleurs vérifier cela directement puisque l'on a

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial\psi}{\partial r}\right) = \frac{a}{r}\frac{\partial}{\partial u}\left(u^2\frac{\partial f}{\partial u}\right), \qquad \text{avec} \quad u = \frac{a^2}{r}.$$

La densité de charge qui apparaît par influence est

$$(2) \quad \sigma = -\frac{1}{4\pi}\left(\frac{\partial\Phi}{\partial r}\right)_{r=a} = -\frac{1}{4\pi}\left\{f'_r(r,\theta,\varphi) + \frac{a}{r^2}f(u,\theta,\varphi) + \frac{a^3}{r^3}f'_u(u,\theta,\varphi)\right\}_{r=a}$$
$$= -\frac{1}{4\pi}\left(2\frac{\partial\Phi_0}{\partial r} + \frac{1}{r}\Phi_0\right)_{r=a};$$

cette densité produit à l'intérieur de la sphère un champ qui est exactement égal et opposé au champ donné.

La formule (1) donne bien les solutions connues dans les cas particuliers que l'on savait résoudre; par exemple pour un champ uniforme, ψ donne bien le dipôle à l'origine et pour une charge influençante ponctuelle Q à une distance D du centre de la sphère, elle donne l'image de la source; soit respectivement

$$(3) \quad \begin{cases} \Phi_0 = -\mathrm{E}r\cos\theta, & \Phi_0 = \mathrm{Q}[r^2 + \mathrm{D}^2 - 2r\mathrm{D}\cos\theta]^{-\frac{1}{2}}; \\ \psi = -\mathrm{E}a^3\dfrac{\cos\theta}{r^2}, & \psi = -\mathrm{Q}\dfrac{a}{\mathrm{D}}\left[\left(\dfrac{a^2}{\mathrm{D}}\right)^2 + r^2 - 2r\dfrac{a^2}{\mathrm{D}}\cos\theta\right]^{-\frac{1}{2}}. \end{cases}$$

Sphère maintenue au potentiel Φ_S. — Il suffit d'ajouter le terme $\Phi_S(a/r)$ à la solution précédente. On a donc à l'extérieur

$$(4) \quad \Phi = f(r,\theta,\varphi) - \left(\frac{a}{r}\right)f\left(\frac{a^2}{r},\theta,\varphi\right) + \Phi_S\frac{a}{r}.$$

Sphère diélectrique. — Supposons que la sphère de constante diélectrique ε_2 soit plongée dans un milieu de constante diélectrique ε_1. On peut satisfaire les conditions aux limites en posant pour le potentiel à l'extérieur Φ_+ et le potentiel à l'intérieur Φ_-,

$$(5) \quad \begin{cases} \Phi_+ = f(r,\theta,\varphi) - \mathrm{A}\left(\dfrac{a}{r}\right)f\left(\dfrac{a^2}{r},\theta,\varphi\right), \\ \Phi_- = (1-\mathrm{A})f(r,\theta,\varphi), \end{cases}$$

où A est une constante. On a bien, en effet,

$$(\Phi_+)_{r=a} = (\Phi_-)_{r=a},$$

et la condition

$$\varepsilon_1\left(\frac{\partial\Phi_+}{\partial r}\right)_{r=a} = \varepsilon_2\left(\frac{\partial\Phi_-}{\partial r}\right)_{r=a},$$

donne

$$A=(\varepsilon_2-\varepsilon_1)\left\{\varepsilon_1\left[1-\frac{1}{a}\left(\frac{f}{\frac{\partial f}{\partial r}}\right)_{r=a}\right]+\varepsilon_2\right\}^{-1}.$$

Par exemple si $\Phi_0=-\mathrm{E}r\cos\theta$, on retrouve l'expression bien connue

$$A=\frac{(\varepsilon_2-\varepsilon_1)}{(2\varepsilon_1+\varepsilon_2)}.$$

Cylindre circulaire. — Si $\Phi_0=f(\rho,\theta)$ est le potentiel du champ donné dont les sources sont à l'extérieur, le potentiel $\psi=-f(a^2/\rho,\theta)$ a ses sources à l'intérieur; comme on a

$$\rho\frac{\partial}{\partial\rho}\left(\rho\frac{\partial\psi}{\partial\rho}\right)=u\frac{\partial}{\partial u}\left(u\frac{\partial f}{\partial u}\right),\qquad \text{avec}\quad u=\frac{a^2}{\rho},$$

il obéit encore à l'équation de Laplace. Dans ces conditions on voit que la solution pour un cylindre conducteur maintenu au potentiel Φ_c est, à l'extérieur

$$\Phi=f(\rho,\theta)-f\left(\frac{a^2}{\rho},\ \right)+\Phi_c\frac{\mathrm{Log}\,\rho}{\mathrm{Log}\,a}.$$

Pour un cylindre diélectrique, on aurait une solution analogue à (5).

MAGNÉTISME. — *Aimantation à saturation de certains ferrites.* Note (*) de M. **Louis Néel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les rayons X, ainsi que l'étude des propriétés magnétiques, montrent ([1]) que, dans les spinelles du type Fe_2O_3MO, l'ion métallique bivalent M occupe soit les places tétraédriques (sites A), entourées de 4 ions d'oxygène (il s'agit alors des spinelles normaux), soit les places octaédriques (sites B), entourées de 6 ions d'oxygène (spinelles inverses). Nous traduirons d'une façon plus précise ces différences d'affinité par l'énergie w à dépenser pour faire passer un ion M d'un site B à un site A : ce passage étant naturellement accompagné du passage en sens inverse d'un ion Fe^{+++} d'un site A à un site B. Nous appellerons $\theta=w/k$ ($k=$ constante de Boltzmann) la température caractéristique de l'ion M. Nous supposons que θ est en première approximation indépendant de la répartition des ions M entre les sites A et B et qu'il est en somme déterminé par l'armature des ions O^{--}.

Supposons également probables *a priori*, pour n molécules, tous les arrangements possibles des n ions M sur les n sites A et les $2n$ sites B disponibles.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) *Cf.* pour la bibliographie : L. Néel, *Ann. de Physique*, 3, 1948, p. 137; *Comm. Soc. Franç. de Physique*, Section de Grenoble, 1er décembre 1949.

Un raisonnement élémentaire de mécanique statistique donne, *pour la répartition d'équilibre à la température* T, les proportions x et $1-x$ des ions M situés respectivement sur les sites A et les sites B; on trouve

$$\frac{x(1+x)}{(1-x)^2}=e^{-\frac{\theta}{T}}. \qquad (1)$$

A une valeur négative de θ correspond au zéro absolu un ferrite normal ($x=1$) et à une valeur positive de θ correspond un ferrite inverse ($x=0$). Par trempe, il semble possible *a priori* de conserver au zéro absolu, *en faux équilibre*, des états correspondant à des valeurs de x comprises entre 0 et 1.

Ceci posé, dans la série M = Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, rangée par numéros atomiques, les 5 premiers ferrites sont inverses et le dernier normal. Il est donc logique de penser que θ, d'abord positif, décroît régulièrement à mesure que le numéro atomique croît pour devenir négatif avec le zinc. En particulier, il faut s'attendre à ce que la valeur positive de θ, pour le cuivre, soit faible.

D'autre part, selon des conceptions que j'ai développées antérieurement ([1]), le ferromagnétisme des ferrites, ou *ferrimagnétisme*, est essentiellement dû à des interactions *négatives* d'échange entre les spins des ions A et les spins des ions B qui les alignent respectivement en sens inverse les uns des autres. Soit alors, en magnétons de Bohr, m le moment magnétique de l'ion M et 5 celui de l'ion Fe^{+++}, le moment à saturation au zéro absolu μ de la molécule Fe_2O_3MO sera

$$\mu=m+2x(5-m). \qquad (2)$$

Pour un ferrite inverse, on trouve simplement $\mu=m$, et, en négligeant les orbitaux supposés bloqués, on prévoit les moments donnés dans la deuxième ligne du tableau I.

TABLEAU I.

M.	Mn.	Fe.	Co.	Ni.	Cu.	Zn.
μ_{calc}	5	4	3	2	1	0
μ_{obs}	5,0	4,06	3,35	2,25	1,37	0

La troisième ligne du tableau donne les valeurs expérimentales d'après E. W. Gorter pour Mn, P. Weiss et R. Forrer ([2]) pour Fe, E. W. Gorter et R. Pauthenet ([3]) pour Co, E. W. Gorter, C. Guillaud et M. Roux ([4]) pour Ni et enfin R. Pauthenet ([3]) pour Cu. L'accord général est bon. Les excès des moments observés sur les moments théoriques, en ce qui concerne le cobalt et le nickel, sont probablement dus à l'influence du moment orbital, en

([2]) *Ann. de Physique*, **12**, 1929, p. 279.

([3]) Inédit (échantillons préparés par MM. L. Weil et L. Bochirol).

([4]) C. Guillaud, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1133.

accord avec les expériences de résonance ferromagnétique de H. G. Beljers et D. Polder sur le ferrite de nickel.

Pour le cuivre, les valeurs de μ dépendent de la température T à partir de laquelle l'échantillon a été trempé, après avoir été maintenu longtemps à cette température (Tableau II). Elles ont été déterminées par R. Pauthenet sur des échantillons préparés et traités par L. Weil et L. Bochirol.

TABLEAU II.

T°K.	573.	673.	773.	968.	1073.	1123.	1173.	1268.
μ.......	1,37	1,69	1,99	2,01	2,08	2,18	2,26	2,36
θ.......	1700°	1500	1300	1600	1700	1600	1600	1550

Pour chaque valeur de T, on peut ainsi au moyen des formules (2) et (1) calculer la valeur correspondante de θ. Si l'explication proposée est correcte, ces valeurs devraient être identiques : on voit qu'il en est approximativement ainsi. Les variations du moment du ferrite de cuivre doivent ainsi provenir des changements de la répartition des ions Cu sur les sites A et B, rendus particulièrement importants par la faible valeur de θ à laquelle il fallait normalement s'attendre, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Ces faits donnent des bases expérimentales solides à la théorie du *ferrimagnétisme*.

MAGNÉTISME. — *L'aimantation spontanée de ferrites ferromagnétiques à structure de spinelle*. Note (*) de M. **Evert W. Gorter**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons mesuré l'aimantation spontanée M_s de quelques ferrites ferromagnétiques avec l'objet de vérifier les idées de Néel (1). Quelques résultats de cette étude, en cours de publication (2), sont donnés ici, parce qu'ils forment une vérification supplémentaire de la Note de M. Néel, publiée ci-dessus.

Les matériaux étudiés sont les ferrites ferromagnétiques simples du type spinelle $Me^{II}Fe_2O_4$ et leurs cristaux mixtes avec le ferrite de zinc (3), (4). Verwey et ses collaborateurs (5), (6) ont montré que, dans les ferrites ferromagnétiques simples, Me^{II} occupe les sites octaédriques B, tandis que, dans les ferrites non ferromagnétiques (Zn, Cd), il occupe les sites tétraédriques A.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

(1) *Ann. de Phys.*, 3, 1948, p. 137.

(2) D. Polder, *J. Inst. Electr. Engineers*, 1949, (sous presse).

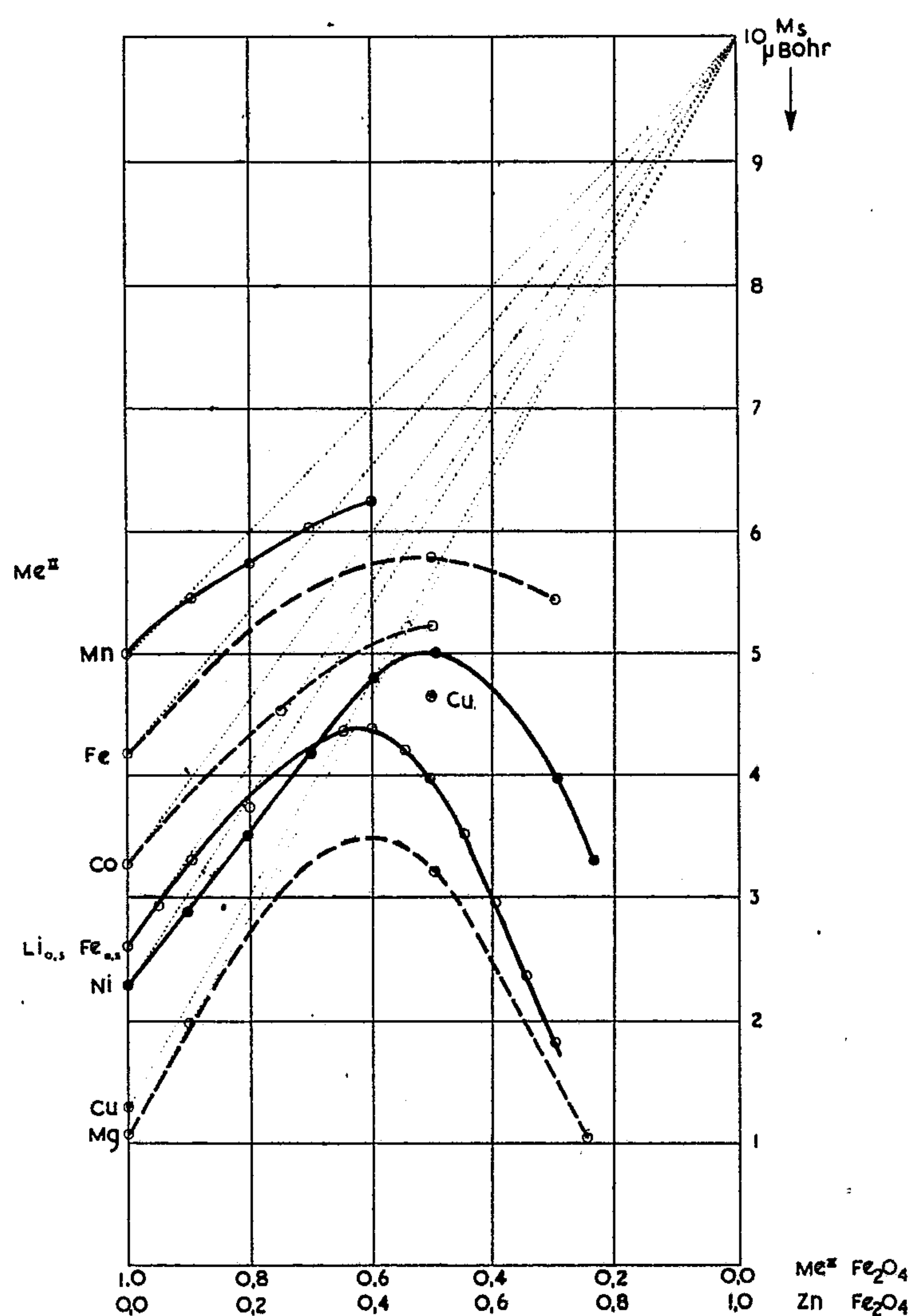
(3) J. L. Snoëk, *Revue Technique Philips*, 8, 1946, p. 357.

(4) J. L. Snoëk, *New developpements in Ferromagnetic Materials Elsevier*, 1947, p. 68-99.

(5) E. J. W. Verwey et E. L. J. Heilman, *J. Chem. Physics*, 15, 1947, p. 174.

Néel [1] a proposé l'existence d'une interaction négative et forte entre les deux sous-réseaux A et B, et a déduit des mesures paramagnétiques de Mlle Serres sur le ferrite de cuivre, au moyen d'une extension de la théorie du champ moléculaire, la présence d'interactions AA et BB négatives mais plus faibles.

Les écarts des valeurs de M_s observées par nous (*figure*) par rapport aux valeurs 5, 4, 3, 2, 1, 0 et 2,5, respectivement pour les ferrites de Mn, Fe^{II}, Co,



Ni, Cu, Mg et le ferrite de lithium $Li_{0,5}Fe_{2,5}O_4$, déduites de l'hypothèse de Néel, peuvent être attribuées à deux causes :

1° Pour les ions Fe^{II}, Co^{II}, Ni^{II} et Cu^{II}, il faut faire une correction pour le facteur g qui est supérieur à 2, selon les mesures paramagnétiques sur certains

sels et les mesures de résonance gyromagnétique de Beljers et Polder ([6]) sur notre ferrite de nickel et de Bickford ([7]) sur la magnétite.

2° Dans le ferrite de Cu et le ferrite de Mg, une partie des ions bivalents occupe les sites A, comme l'a indiqué Néel pour le ferrite de Cu. Une trempe à 900° C donne un ferrite de Cu avec 2,3 μ_B, un recuit prolongé à 360°C donne 1,3 μ_B. Pour le ferrite de Mg, une trempe à 1250°C donne 1,4 μ_B et un recuit prolongé à 700°C donne 1,1 μ_B, ce qui vérifie cette hypothèse.

Pour le ferrite de Ni, une trempe à 1250°C ne donne aucun accroissement de l'aimantation spontanée M_S. Pour le ferrite de Mn, l'aimantation ne dépend pas de la position de Mn; pour le ferrite de Fe^{II}, la condition d'énergie minima est probablement plus facile à remplir, car il s'agit seulement de la migration d'un électron ([8]). Nous n'avons pas essayé la trempe pour ces deux derniers ainsi que pour le ferrite de Co.

Les courbes de M_S relatives aux cristaux mixtes avec le ferrite de zinc ont une pente initiale correspondant à l'interaction AB seule et à un moment extrapolé de 10 μ_B pour $ZnFe_2O_4$. Du côté du ferrite de zinc, les courbes redescendent parce qu'ici l'interaction BB domine. L'interaction BB est donc négative dans tous les cas étudiés.

Les compositions représentées contiennent moins de 0,05 % de Fe^I (en poids) ou moins de 0,1 % d'oxygène en excès (pour les ferrites de CO-Zn). Le Fe_3O_4 est presque stœchiométrique (Fe^{II} : Fe^{III} = 1,04 : 2,00). Les mesures étaient faites aux températures de l'azote et de l'oxygène liquides et dans des champs magnétiques ne dépassant pas 5900 Oe, par une méthode d'attraction : la saturation est à peu près obtenue.

ÉLECTRONIQUE. — *Courant inverse et capacité des diodes au germanium.* Note (*) de M. **Pierre Aigrain**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Dans une Note précédente nous avons indiqué comment on peut calculer le courant inverse des diodes au germanium pour des voltages modérés. Le tableau ci-contre donne une vérification expérimentale de la loi théorique dans deux cas extrêmes : celui d'une diode à faible résistance inverse (transistor des Bell Laboratories, avec émetteur déconnecté) et celui d'une diode à forte résistance inverse (Sylvania 1 N 54).

Pour des voltages appliqués plus élevés que ceux portés dans le tableau, on observe des déviations plus notables, qui sont dues à de nombreuses causes dont les plus importantes sont :

([6]) H. G. Beljers et D. Polder, *Nature*, (London), (sous presse).

([7]) J. R. Bickford, *Phys. Rev.*, 76, 1949, 137.

([8]) E. J. W. Verwey, P. W. Haayman et F. C. Romeyn, *J. Chem. Physics*, 15, 1947, p. 181.

(*) Séance du 14 décembre 1949.

1° R n'est pas toujours indépendant de r, en particulier, si le contact a été *formé* électriquement.

2° Le champ électrostatique ne tombe pas à zéro aux bornes de la barrière, mais il s'éteint exponentiellement. Il en résulte une augmentation de C_0 pour de forts voltages appliqués.

Transistor.

V_0.	i_{obs} (mA).	i_{calc} (mA). $i_1 = 0,80$ µA. R = 30 500 ω.
2	0,11	0,11
4	0,19	0,18
10	0,39	0,39
17	0,60	0,61
20	0,69	0,70

Diode 1 N 54.

V.	i_{obs} (µA).	i_{calc} (µA). $i_1 = 0,26$ µA. R = 1,85 még.
0,5	0,59	0,61
1	0,78	0,78
1,5	0,92	0,92
2	1,03	1,05
2,5	1,13	1,13

Nous allons maintenant montrer que l'hypothèse exposée dans notre Note précédente permet également d'expliquer quelques propriétés connues des diodes au germanium que les théories généralement admises ne peuvent normalement expliquer.

2. *Variations du courant avec la température.* — Le courant de saturation i_1 varie comme C_0, c'est-à-dire comme $\exp(-0,76e/2kT)$. L'expérience donne une variation en $\exp(-0,70e/2kT)$, en bon accord avec ce résultat théorique.

Pour des voltages modérés appliqués, j'ai étudié deux cas extrêmes :

1° Diodes à haute résistance inverse. x est alors proche de l'unité et $(1-x+x\log x)$ est proche de x^2. Donc i varie comme $i_1^{1/2}$, c'est-à-dire comme $\exp(-0,38e/2kT)$.

2° Diodes à faible résistance inverse et transistors. x est grand, $\log x$ est presque constant et i varie comme R, c'est-à-dire comme $\exp(-0,03e/2kT)$.

Cette différence entre ces deux types de diodes est bien observée en pratique (¹).

3. *Calcul de la capacité des diodes au germanium.* — Ce n'est qu'aux très basses fréquences qu'il est possible de représenter le redresseur comme une résistance non linéaire shuntée par une capacité. Pour calculer celle-ci, nous procéderons comme suit. Admettons que V_0 ayant une certaine valeur, on le fasse varier très lentement. Le voltage aux bornes de la barrière sera à tout instant donné par la formule valable en régime statique. Cependant, il y aura un faible courant de déplacement qui traversera la barrière. L'intégrale de ce courant sur toute la barrière représente le courant qui traverse la capacité. J'ai

(¹) S. Benzer, *Journ. of appl. Phys.*, 20, n° 8, 1949, p. 804.

ainsi calculé que

$$C = \frac{r_l^2 K}{4l} \frac{1}{\log x},$$

où l est l'épaisseur de la barrière et K la constante diélectrique du germanium, égale à 19.

Pour le transistor cité plus haut, on trouve $C = 0,46$ pF à $V = 10$ V en bon accord avec l'expérience si l'on prend $l = 10^{-4}$.

Pour la diode 1N54, l'expérience donne 0,1 pF pour la capacité du contact même, ce qui conduirait à $l = 10^{-6}$ cm.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Théorie du spectrographe bêta, type K. Siegbahn.* Note (*) de Mlle **Geneviève Paquien** et M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le modèle que nous avons proposé pour représenter les caractéristiques du spectrographe à rayons bêta, type K. Siegbahn permet de calculer la luminosité de l'instrument et la finesse des raies, tant que les rayons utilisés à la source ne sont pas trop inclinés sur l'axe.

Si nous désignons par α cet angle, on peut calculer les propriétés de l'appareil avec une approximation allant jusqu'aux termes en α^3 inclus, en utilisant des formules données par Glaser [1], et par Glaser et Lammel [2] pour les aberrations du troisième ordre.

1. Nous assimilerons à une droite Δ la fin de la trajectoire dessinée dans le plan méridien mobile, lié à la particule; Δ sera définie par son inclinaison sur l'axe θ et par le point Q où elle coupe le plan de l'image gaussienne; c'est ce plan que nous prendrons comme origine, l'axe étant Oz. On a alors, si le point source est sur l'axe :

$$(\sin\theta)^3 = (\sin\alpha)^3 + \frac{B-F}{h_0'^2}(\sin\alpha)^3,$$

B, F, h'_0 étant des coefficients constants définis par Glaser dans la référence [3], tandis que l'ordonnée à l'origine est l'aberration sphérique transversale $C_s\alpha^3$.

L'anneau de focalisation sera défini comme le point de contact de la droite Δ avec son enveloppe lorsque θ varie; on obtient ainsi pour son rayon et sa position :

$$r = \quad 2C_s\alpha^3\left[1 - \alpha^2\left(1 + 3\frac{B-F}{h_0'^2}\right)\right],$$

$$z = -3C_s\alpha^2\left[1 - \alpha^2\left(1 + 3\frac{B-F}{h_0'^2}\right)\right].$$

(*) Séance du 7 novembre 1949.

(1) *Zeits. f. Phys.*, **117**, 1941, p. 285-315.

(2) *Archiv. f. Elektrotechn.*, **37**, 1943, p. 347-356.

(3) *Zeits. f. Phys.*, **121**, 1943, p. 647-666.

De la première de ces formules on tire l'épaisseur de l'anneau lorsqu'on utilise les rayons d'inclinaison initiale comprise entre $\alpha - \varepsilon$ et $\alpha + \varepsilon$

$$\delta r = 3 C_s \alpha \varepsilon^2.$$

Dans le cas du champ uniforme $C_s = L/2$, le coefficient F est nul si le diaphragme est dans le plan médian de l'appareil, alors $(B - F)/h_0'^2 = \pi/2$ et l'on retrouve bien les valeurs calculées déjà par J. du Mond (4) et Persico (5).

Pour notre modèle, il faut placer le diaphragme sélecteur d'angle à une distance $a = L/4$ de la source pour annuler le coma et alors $(B - F)/h_0'^2 = 0,82$; d'autre part on a $C_s = 0,58$, $a = 0,145 L$, donc, pour le champ de Siegbahn, la largeur de l'anneau est donc environ trois fois plus grande que pour le champ constant; il en est de même pour L et α la comparaison étant faite en gardant les mêmes valeurs pour le rayon et le décalage de l'anneau.

2. La dispersion est causée essentiellement par le déplacement axial de l'image gaussienne lorsque l'énergie des particules varie; celui-ci est donné par l'aberration chromatique sous la forme

$$\delta L = C_c \frac{\delta \Phi}{\Phi} = 2 C_c \frac{\delta D}{D},$$

et la dilatation corrélative de l'anneau de focalisation est donnée par $\delta r_c = \alpha \delta L$.

Si nous définissons avec Persico, le pouvoir séparateur de l'instrument par $P = D/\delta D$, δD ayant la valeur qui dilate l'anneau d'une quantité égale à sa largeur géométrique, nous trouvons : $P = 2/3\,(C_c/C_s)\,(1/\varepsilon^2)$

Pour le champ constant $C_c = C_s = L/2$ et l'on a $P_0 = 2/3\,(1/\varepsilon^2)$. Pour le spectrographe de Siegbahn, C_c et C_s sont égaux aux doubles des valeurs données par les formules et les tableaux numériques de la référence (1); nous nous en sommes servi pour calculer le pouvoir séparateur du spectrographe pour la position des bobines courtes envisagée dans la Note précédente ($K^2 = 3$) et pour deux autres positions : bobines rapprochées du milieu du spectrographe et situées à une distance 0,8 L de la source et du récepteur, ce qui correspond à $K^2 = 10$, et bobines éloignées du milieu du spectrographe et situées à une distance 0,25 L avant la source et après le récepteur, ce qui correspond à $K^2 = 0,8$. C'est la première de ces modifications qui est la plus avantageuse pour le pouvoir séparateur qui devient 2,5 fois meilleur que pour le spectrographe à champ constant, mais le champ B_s nécessaire au centre de chaque bobine et la consommation de courant (proportionnels tous deux à K) sont augmentés. Le tableau suivant détaille la comparaison :

(4) *Rev. of Scientific Instr.*, 20, 1948, p. 160-169.
(5) *Rev. of Scientific Instr.*, 20, 1948, p: 191-196.

K.	0,8.	3.	10.	Champ constant
B_s.....	0,59 H_o	2,2 H_o	7,3 H_o	B_o
$\frac{C_c}{a}$.....	2,02	1,18	1,30	$\frac{L}{2}$
$\frac{C_s}{a}$.....	2	0,58	0,32	$\frac{L}{2}$
$\frac{P_s}{P_o}$.....	1	2	2,5	$P_o = \frac{2}{3}\varepsilon^2$

Le gain prévu pour $K = 10$ est un peu plus faible que celui observé par K. Siegbahn.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les caractéristiques des cavités résonnantes électromagnétiques constituées par deux sphères concentriques.* Note de M. **Jean Broc**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Il est possible de déterminer complètement par le calcul, les fréquences propres, la configuration des champs et la surtension des modes de résonnance susceptibles d'exister dans le domaine sphérique compris entre deux sphères concentriques (caractérisé dans ce qui suit par $s = R_1/R_2$, $R_1 < R_2$).

Pour les modes magnétiques H_{mn}, on trouve les fréquences propres en recherchant les racines de l'équation

$$\frac{j_n(x)}{n_n(x)} = \frac{j_n(sx)}{n_n(sx)}, \tag{1}$$

où

$$x = \frac{2\pi R_2}{\lambda}, \tag{2}$$

et pour n entier positif non nul; les fonctions $j(x)$ et $n(x)$ ayant la signification connue

$$\begin{cases} j_n(x) = \sqrt{\frac{\pi}{2x}} J_{n+\frac{1}{2}}(x), \\ n_n(x) = \sqrt{\frac{\pi}{2x}} N_{n+\frac{1}{2}}(x). \end{cases} \tag{3}$$

Dans le cas où l'indice $n = 1$, l'équation (1) se ramène à

$$\frac{\operatorname{tg}[x(1-s)]}{x(1-s)} = \frac{1}{1+sx^2}. \tag{4}$$

que l'on peut résoudre graphiquement. On trouve que la première racine (correspondant aux modes H_{11}) est d'autant plus grande que s est plus voisin de 1. Ainsi, *en modes magnétiques, le rayon* R_2 *d'une cavité à sphères concentriques, résonnant sur une longueur d'onde fixe, est plus grand que le rayon de la sphère entièrement creuse résonnant sur la même longueur d'onde et le rayon* R_2

augmente considérablement et tend vers l'infini, lorsque le rapport des rayons tend vers l'unité.

La surtension du mode H_{110}, maximum lorsque $s=0$, diminue d'abord assez rapidement, passe par un minimum pour $s=0,5$, puis réaugmente un peu, passe par un maximum aplati pour $s=0,8$ et diminue ensuite jusqu'à zéro (*voir* tableau I).

2. Dans le cas des modes électriques, on trouve les fréquences propres en recherchant les conditions que x doit satisfaire pour vérifier

$$\frac{d}{dx}\{(x)[aj_n(x)+bn_n(x)]\}=0, \tag{5}$$

lorsqu'on remplace $x=kR_2$ par $sx=kR_1$.

On trouve que lorsque l'indice $n=1$, cette équation peut s'écrire

$$\frac{\operatorname{tg}[x(1-s)]}{x(1-s)}=\frac{1+sx^2}{s^2x^4-x^2(s^2-s+1)+1}, \tag{6}$$

dont la première racine est d'autant plus petite que s est plus voisin de 1.

Ainsi, *pour les modes électriques, le rayon* R_2 *d'une cavité à sphères concentriques qui résonne sur une longueur d'onde fixe* λ, *est plus petit que le rayon de la sphère entièrement creuse résonnant sur la même longueur d'onde, et il diminue quand le rapport* s *se rapproche de* 1. *Cependant, il ne tend pas vers zéro quand* $s=1$, *mais vers une limite finie non nulle.*

La surtension du mode E_{110} maximum pour $s=0$, diminue très rapidement jusqu'à un minimum pour $s=0,35$, puis repasse par un maximum pour $s=0,53$ et enfin diminue jusqu'à zéro.

3. Les tableaux I et II, ci-après, précisent ces résultats par quelques valeurs numériques calculées pour $\lambda=10^{\text{cm}}$ et en supposant la conductibilité du métal égale à celle de l'argent.

	Tableau I.		Tableau II.	
	Mode H_{110}		Mode E_{110}	
$S=\frac{R_1}{R_2}$.....	R_2 (en cm).	Q.	R_2 (en cm).	Q.
0............	7,16	60 500	4,34	27 700
0,1..........	7,20	51 000	4,32	23 900
0,2..........	7,45	37 000	4,18	17 000
0,3..........	8,03	25 000	3,85	3 500
0,4..........	9,00	19 100	3,49	2 800
0,5..........	10,45	18 500	3,16	4 000
0,6..........	12,80	18 900	2,89	3 000
0,7..........	16,80	21 100	2,70	2 400
0,8..........	25,10	22 900	2,52	1 250
0,9..........	50,00	20 800	2,36	1 200
1............	∞	0	2,22	0

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Manifestations de la couche* E *sporadique sur ondes métriques en* 1949, *et observation d'un souffle concomitant.* Note de M. **Pierre Revirieux**, présentée par M. Pierre Lejay.

Les manifestations de la couche E sporadique ont été nombreuses en juin-juillet dans la bande de fréquences 50-52 Mc/s.

Des harmoniques de stations commerciales et des stations d'amateurs ont été fréquemment reçues à Paris dans la bande précitée. Presque chaque soir, de 18 à 19h GMT, une propagation pouvait être notée au moins dans une direction.

Le 18 juin doit être cité comme journée particulièrement favorable.

A partir de 17.00 GMT, des liaisons bilatérales pouvaient être réalisées avec les stations nordiques dans des conditions extrêmement faciles par la station F8OL de Meudon, opérant sur 50100 Kc/s. A 18h15 GMT en particulier, la station LA 7 F (Oslo), fonctionnant avec 100 watts haute fréquence et un aérien à 8 décibels de gain, produisait à Meudon un champ dépassant 100 microvolts.

On assistera, vers 18.00 GMT à un déplacement des noyaux E_s qui permit d'entendre successivement, toujours de 50 à 52 Mc/s, l'Allemagne, la Pologne, la Tchécoslovaquie, enfin l'Italie (19h30 GMT), tandis que les stations nordiques disparaissaient complètement à 18h30 GMT.

Le fait le plus remarquable réside, non dans cette possibilité de liaisons au voisinage de 50 Mc/s, mais dans l'existence d'un souffle caractéristique qui a pu être noté sur 145 Mc/s, fréquence trois fois plus élevée, et qui se situait de 5 à 10 décibels au-dessus du bruit de fond du récepteur.

Une antenne YAGI à quatre éléments horizontaux était utilisée pour écouter sur 145 Mc/s. Le récepteur avait un facteur de bruit de 4 décibels.

Cet aérien orientable avait une directivité dans le plan horizontal assez marquée pour apprécier, par balancement, la direction dans laquelle provenait le souffle signalé. Cette direction a évolué de 17 à 19h GMT, coïncidant avec celle dans laquelle se trouvaient, au même instant, les noyaux d'ionisation E_s assurant sur 50 Mc/s la réception des signaux notés plus haut. Le souffle sur 145 Mc/s disparut vers 19h30 en même temps que les réceptions de stations sur 145 Mc/s.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Sur la signification de la loi de la propagation rectiligne de la lumière en Optique ondulatoire.* Note (*) de MM. **François Croze** et **Pierre Boillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Quand on veut préciser le degré d'approximation de la loi de la propagation rectiligne de la lumière en partant des principes de l'Optique ondulatoire, on

(*) Séance du 2 janvier 1950.

décrit autour d'un point lumineux A une surface d'onde S, et l'on cherche l'étendue de la partie de cette onde qui intervient effectivement dans l'éclairement apporté à un point extérieur B, celle dont l'obturation annulerait pratiquement l'éclairement en ce point B. Le calcul se fait aisément si les distances $a = \mathrm{AP}$ et $b = \mathrm{BP}$ des points A et B au pôle P de l'onde S pour la direction AB sont grandes par rapport à la longueur d'onde λ des ondes propagées, et si, négligeant les effets de la polarisation, on traite les vibrations lumineuses comme des grandeurs scalaires. On décompose la surface d'onde S en zones de Fresnel partant du pôle P. On calcule la résultante des vibrations envoyées au point B par l'ensemble des éléments de chaque zone considérés comme des sources secondaires.

Or, si l'on traite le point lumineux A comme une source rigoureusement ponctuelle, on n'obtient pas un résultat entièrement satisfaisant. Dans ces conditions en effet, les vibrations, de même amplitude K/a, que le point lumineux A envoie sur la surface d'onde S ont toutes la même phase; étant donné d'autre part que, d'après le Principe de Huygens exprimé par la formule de Stokes, l'amplitude des vibrations envoyées au point B par un élément M de cette surface d'onde varie comme $1 + \cos\theta$ avec l'inclinaison θ de la direction MB sur la normale extérieure MN à l'élément considéré, l'amplitude et la phase de la résultante des vibrations envoyées au point B par l'ensemble des éléments de la $n^{\text{ième}}$ zone de Fresnel comptée à partir du pôle P seront représentées par la quantité A_n donnée par l'expression

$$\mathrm{A}_n = (-1)^{n-1} \frac{\mathrm{K}}{a+b} (1 + \cos\theta_n),$$

θ_n étant ici la somme des ouvertures angulaires $\alpha_n = \widehat{\mathrm{PAM}}$ et $\beta_n = \widehat{\mathrm{PBM}}$ de la zone en question. Si l'on obture les premières zones de l'onde S, l'intensité envoyée au point B par le reste de l'onde ne sera donc que le quart de celle qu'enverrait la première des zones non interceptées. Mais, comme le facteur $1 + \cos\theta_n$ ne diminue que de moitié quand l'angle θ_n croît de zéro à $\pi/2$, on voit que, d'après la formule ci-dessus, il faudrait obturer l'onde S tout entière pour supprimer l'éclairement au point B au moyen d'un écran circulaire ayant son centre en P, de sorte qu'on ne saurait parler de propagation rectiligne. A moins, comme Drude [1] l'a fait remarquer, que le contour de l'écran ne présente des irrégularités empiétant sur des zones de rangs différents, auquel cas il suffirait d'un écran dont le rayon moyen serait très petit par rapport aux distances a et b, pourvu qu'il soit grand par rapport à λ.

On peut éviter toute difficulté si l'on tient compte du fait que, si petite qu'elle soit, la source lumineuse placée en A a toujours des dimensions finies.

---

(1) *Lehrbuch der Optik.*, 3e édit., Leipzig, 1912, p. 159.

Mascart [1] et Bouasse [2], qui ont fait cette suggestion, s'en sont tenus toutefois à des indications qualitatives. Il est possible de faire un calcul précis en explicitant les caractéristiques de la source lumineuse utilisée. Celle-ci étant généralement un petit trou percé dans un écran opaque et éclairé uniformément, on pourra l'assimiler à un ensemble de sources ponctuelles de même puissance distribuées uniformément, à raison de N par unité d'aire, sur un disque de centre A, de rayon ρ_0 très petit par rapport à la distance a, disposé perpendiculairement à la direction AB. La distance d'un point Q de ce disque à un point M de la $n^{\text{ième}}$ zone de Fresnel pouvant s'écrire $a - \rho \sin \alpha_n \cos \varphi$, si φ est la longitude du point M par rapport au plan méridien APQ et ρ la distance du point Q au centre A du disque, les vibrations envoyées par ce point Q aux différents points de la zone en question auront encore sensiblement la même amplitude mais elles seront d'autant plus loin d'être synchrones que la distance ρ sera plus grande par rapport à λ et que l'ouverture angulaire α_n de la zone en question sera plus considérable. Dans ces conditions, l'amplitude et la phase de la résultante des vibrations que le point Q envoie au point B à travers la $n^{\text{ième}}$ zone de Fresnel seront représentées par la quantité A'_n et données par l'expression

$$A'_n = A_n J_0(\varpi), \qquad \text{avec} \quad \varpi = \frac{2\pi\rho}{\lambda} \sin \alpha_n,$$

dont la valeur absolue décroît beaucoup plus rapidement que celle de A_n quand augmente l'ouverture angulaire α_n de la zone, dès que la distance ρ dépasse quelques λ. L'intensité envoyée au point B à travers la $n^{\text{ième}}$ zone de Fresnel par un disque lumineux dont le diamètre vaudrait quelques dizaines de λ n'aura donc une valeur notable que si la zone en question a une ouverture angulaire très petite. Il en sera d'ailleurs ainsi que le trou-source soit éclairé par une source étendue placée ou projetée tout contre (éclairage incohérent) ou bien par un faisceau de rayons parallèles d'incidence normale (éclairage cohérent).

Dans le cas de l'éclairage incohérent, qui est le plus défavorable, l'intensité donnée par l'ensemble du disque sera la somme des intensités données par les $N\pi\rho_0^2$ sources ponctuelles *indépendantes* distribuées sur sa surface. Si $I_n = N\pi\rho_0^2 A_n^2$ est celle qu'on aurait si toutes ces sources étaient au centre A du disque, l'intensité cherchée sera donnée par l'expression

$$I'_n = I_n \frac{2}{\rho_0^2} \int^{\rho_0} J_0^2(\varpi)\, \rho\, d\rho = I_n \frac{2}{\varpi_0^2} \int_0^{\varpi_0} \varpi J_0^2(\varpi)\, d\varpi = I_n [J_0^2(\varpi) + J_1^2(\varpi)],$$

où

$$\varpi J_0^2 = \varpi J_0^2 + [\varpi J_1^2 + \varpi^2 (J_0 J'_0 + J_1 J'_1)] \qquad \text{et} \qquad \varpi_0 = \frac{2\pi\rho_0}{\lambda} \sin \alpha_n,$$

---

(1) *Traité d'Optique*, 1, Paris, 1889, p. 24.

(2) H. Bouasse et Z. Carrière, *Diffractions*, Paris, 1923, p. 285.

et dans laquelle le facteur $J_0^2(w_0)+J_1^2(w_0)$ décroît constamment quand w_0 augmente et n'est plus que 0,06 quand $w_0=10$, c'est-à-dire, pour $\lambda=0^{\mu},5$ et $\rho_0=20\ \mu$, quand $\alpha_n=2^{\circ}18'$.

SPECTROSCOPIE. — *Sur un spectrographe à miroirs, de grande ouverture relative, utilisable dans l'ultraviolet et l'infrarouge.* Note (*) de M. **Joseph Bigay**, présentée par M. Bernard Lyot.

Nous décrivons un spectrographe à miroirs qui paraît bien adapté à l'étude du ciel nocturne, des nébuleuses et autres sources à diamètre apparent sensible. Construit dès 1947, il vient seulement d'être essayé à pleine ouverture, car nous manquions jusqu'ici d'un prisme d'assez grand diamètre.

Principe. — L'objectif de chambre est un miroir sphérique. La compensation de l'aberration de sphéricité est réalisée comme dans les spectrographes de MM. Arnulf et Lyot (1), (2), par le collimateur, mais celui-ci est un miroir déformé à la manière d'une lame de Schmidt (3). La figure 1 représente le schéma de l'appareil.

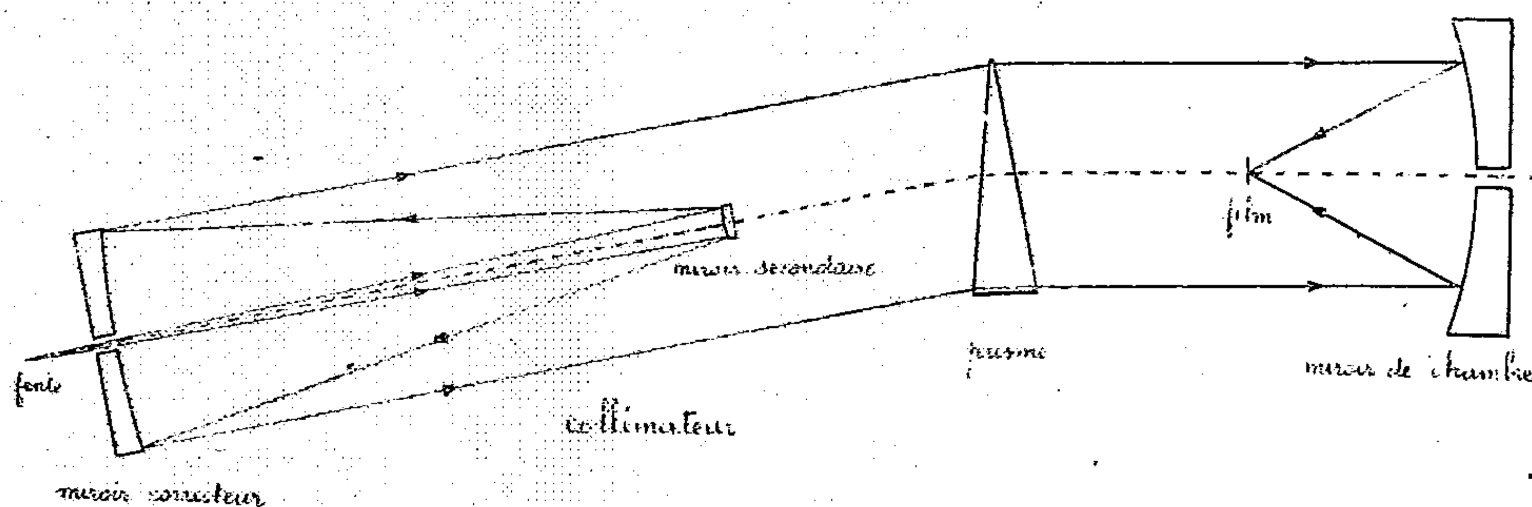


Fig. 1.

Caractéristiques optiques. — *Miroir de chambre.* — Diamètre 205^{mm}, rayon 360^{mm}.

Miroir correcteur. — Diamètre 160^{mm}, rayon de la zone marginale 1000^{mm}, rayon au centre 778^{mm} (la convergence croît du bord au centre).

Miroir secondaire convexe. — Diamètre 42^{mm}, rayon 338^{mm}, grossissement $\gamma=3,1$.

Rapport de réduction depuis la fente jusqu'au film sensible 7,9.

Distance de la fente au miroir secondaire 420^{mm}.

Ouverture relative 1,2, compte tenu de l'obstruction centrale. Le centre de

(*) Séance du 2 janvier 1950.

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1480.

(2) *Annales d'Astrophysique*, 6, 1943, p. 20.

(3) *Mitteilungen Hamburg-Bergedorf Observatorium*, 7, 1931, p. 15.

courbure du miroir correcteur coïncide avec le sommet du miroir de chambre, ce qui facilite beaucoup le centrage.

Le prisme actuel n'a que 15°, la dispersion est donc très faible

3650-4047	4358-5800 Å
690	1790 Å/mm

Longueur du spectre de 3650 à 5770 Å, $1^{mm},7$.

Le miroir correcteur a été taillé de la même manière qu'une lame de Schmidt et contrôlé par la méthode de Foucault.

Résultats. — Ils sont très encourageants (*fig.* 2); les raies sont particulièrement fines. Un petit reste de coma est cependant perceptible sur la forte raie 5461 Å; il est dû vraisemblablement à un très léger défaut de centrage difficile à réaliser dans un simple montage de laboratoire.



Fig. 2. — Spectre du mercure sur film Ilford HP 3 et son enregistrement au microphotomètre Moll. Agrandissement : 25 fois.

Avantages particuliers. — Tous les avantages des spectrographes de MM. Arnulf et Lyot se retrouvent dans cette combinaison qui en dérive d'ailleurs directement, mais l'emploi d'un miroir correcteur à la place des deux lentilles confère à l'appareil des propriétés encore plus avantageuses :

1° La compensation de l'aberration de sphéricité est indépendante de la longueur d'onde, d'où élimination de la variation chromatique. L'étendue du domaine spectral d'excellente définition est cependant restreinte par l'action du prisme sur un faisceau légèrement convergent. Cette action est négligeable quand on met le prisme au minimum de déviation pour la longueur d'onde moyenne de l'intervalle spectral étudié. Avec de très légères modifications dans le réglage et l'orientation du prisme, on passe, sans aucune altération des images, de l'ultraviolet à l'infrarouge.

2° Alors que l'optique de quartz est nécessairement limitée aux petites dimensions, de grands miroirs correcteurs aluminiés pourraient être construits économiquement. Associés à de bons réseaux à échelettes ou mosaïques de

réseaux, de caractéristiques convenables, ils permettraient d'aborder la spectrographie à grande dispersion des sources étendues et de très faible brillance, de l'ultraviolet à l'infrarouge lointains.

3° Enfin, la disposition du collimateur en Cassegrain diminue beaucoup l'encombrement tout en permettant un grand rapport de réduction entre la fente et son image sur la plaque sensible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la température sur l'illumination fugace des sulfures phosphorescents soumis à l'action des champs électriques.* Note de M. **Georges Destriau**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un certain nombre de sulfures de zinc phosphorescents, préalablement irradiés aux rayons X, présentent une vive et assez brève illumination (effet Gudden et Pohl) lorsqu'on les soumet à l'action d'un champ électrique alternatif.

J. Mattler et moi-même nous avons déjà montré (1) que la *somme de lumière* (S) émise lors de cette illumination fugace est une fonction de la dose (r) de rayonnement X reçue et du temps (T) de repos qui sépare l'époque où finit l'irradiation aux rayons X de l'époque où se place l'action du champ.

Pour une dose de rayonnement (r) constante la *somme de lumière* (S) est une fonction régulièrement décroissante de (T) qui rappelle, en beaucoup plus lent, l'évolution du déclin naturel de la phosphorescence. Par contre, pour une durée de repos (T) constante entre la fin d'irradiation et la mise sous tension de la cellule électrophotoluminescente, la *somme de lumière* (S) est une fonction de la dose (r) de rayonnement qui, d'abord croissante, passe par un maximum, puis décroît régulièrement vers une limite finie.

J'ai recherché, dans ce travail, l'influence de la température (θ) sur l'allure de ces dernières courbes $S=f(r)$ à (T) constant. Les températures ont été modifiées par un système de résistances chauffantes plates placées sous la cellule électrophotoluminescente, les températures étaient repérées par un couple thermoélectrique placé immédiatement contre l'électrode métallique servant en même temps de support à la pellicule isolante dans laquelle était enrobée la substance sensible (SZn). Ces expériences ont été faites avec des préparations de sulfure de zinc dépourvues d'hystérésis (c'est-à-dire donnant, dans des conditions identiques immédiatement répétées, des illuminations fugaces identiques).

L'examen du réseau des courbes expérimentales $S=f(r)$ tracées pour des valeurs diverses de (T) et de (θ) me permet de dégager les résultats généraux suivants :

---

(1) G. Destriau et J. Mattler, *Journ. de Phys.*, 7, 1946, p. 259.

1° La position du maximum des courbes $S = f(r)$ se déplace régulièrement vers les faibles valeurs de (r) à mesure que la température (θ) croît, le maximum étant ainsi atteint pour des doses de rayonnement d'autant plus faibles que la température est plus élevée.

2° L'amplitude du maximum croît d'abord avec la température (θ), elle passe elle-même par un maximum pour une température de l'ordre de 35° C pour les sulfures étudiés, puis, pour des températures supérieures, elle décroît à mesure que la température (θ) continue à croître.

3° La position du maximum est, aux erreurs d'expériences près, indépendante de la durée (T) du temps de repos qui sépare la fin d'irradiation de l'époque où l'on fait agir le champ. On peut dire en quelque sorte que la courbe $S = f(r)$ évolue, sans déformation, durant le temps de repos après irradiation.

Les essais ci-dessus n'ont pu être poussés pour des températures supérieures à 80° C, au-dessus de cette température les cellules électrophotoluminescentes se détériorent facilement; en outre, le liquide de l'électrode transparente, à travers laquelle se fait l'observation, s'évapore trop rapidement. Le renouvellement trop fréquent du liquide conducteur conduit à des manipulations qui nuisent à la bonne précision de l'ensemble des résultats.

On a montré que l'allure des courbes $S = f(r)$ pouvait s'interpréter par une action désactivante due à l'effet photoélectrique général des rayons X sur l'ensemble des électrons du réseau. Un calcul plus poussé donne une expression de la forme

$$S = s f(r) \int_0^r \frac{dr}{f(r)},$$

où $f(r)$ est ici une fonction de la forme

$$f(r) = e^{-\delta r - \frac{\beta}{\gamma^2} e^{-\gamma r}}.$$

Les courbes théoriques accusent convenablement les propriétés des courbes expérimentales. Cette action désactivante se trouve naturellement favorisée par une élévation de température qui, en accroissant la mobilité des électrons, facilite les échanges électroniques entre les niveaux discrets des groupes luminogènes et les bandes du réseau cristallin. Je me propose de revenir ultérieurement sur ce point.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse thermoélastique des transformations allotropiques des aciers.* Note (*) de MM. **Georges Vidal** et **Pierre Lescop**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Au moyen de l'appareillage Florisson ([1]) qui détermine la vitesse du son dans les métaux à la température θ, nous avons analysé les transformations

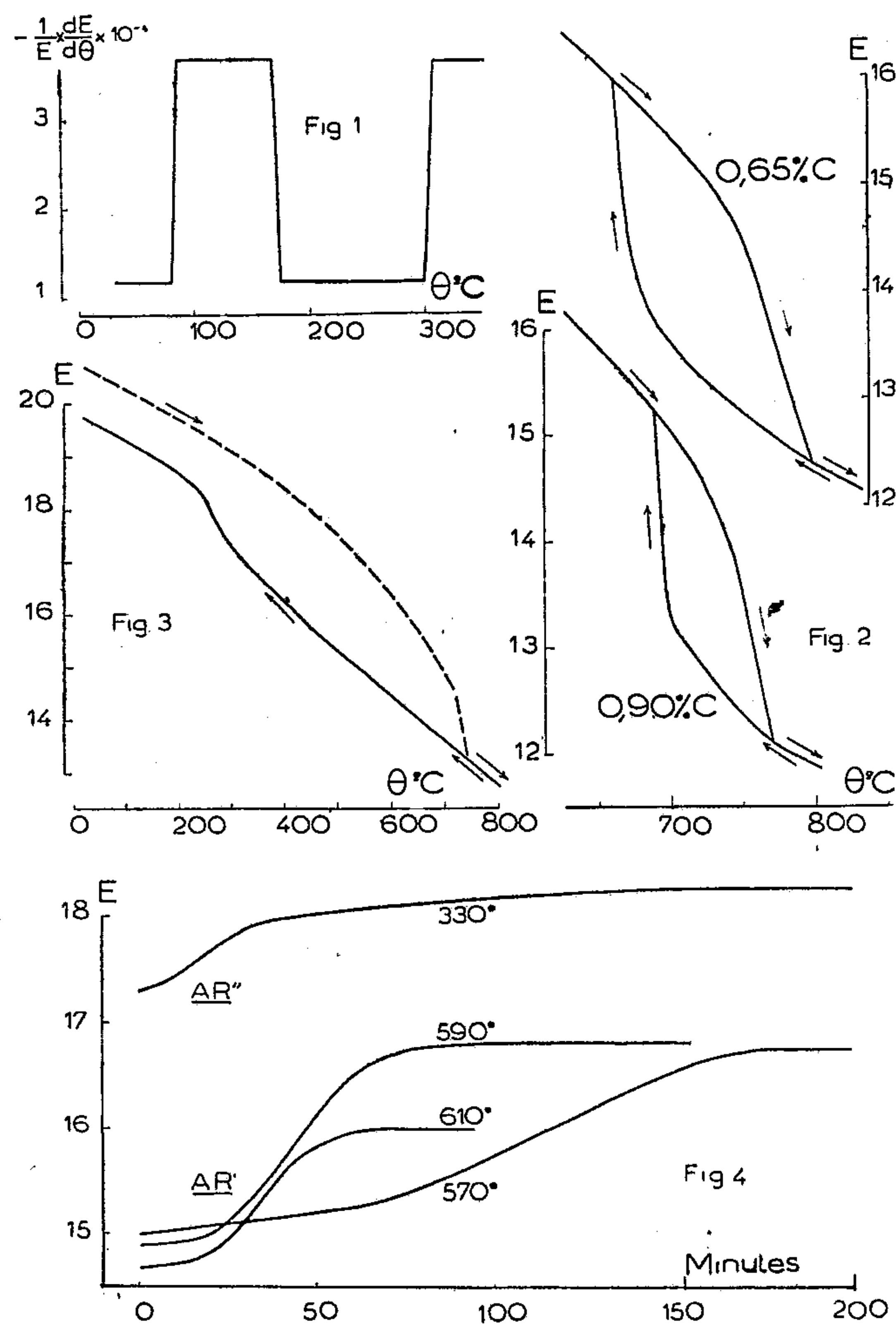
---

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 18-20.

allotropiques des aciers par la variation du module de Young E. (exprimé sur l'ordonnée du diagramme en 10^3 kg/mm²)

Dans un acier à 0,9 % de carbone, trempé à l'eau après un maintien à 800°C, puis épuré en austénite résiduelle par 6 cycles entre 20 et — 180° C, la transformation au chauffage de la martensite se caractérise par trois anomalies du coefficient thermoélastique respectivement à 85°, 170° et 300°C (*fig.* 1).



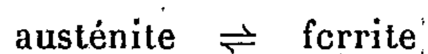
Pour les figures 2, 3 et 4 : E en 10^3 kg/mm².

Dans deux aciers à 0,65 et 0,9 % de carbone, la transformation

ferrite ⇄ austénite

au chauffage ou au refroidissement s'accompagne respectivement d'une diminution ou d'une augmentation du module de Young dans l'intervalle des températures de transformation (*fig.* 2).

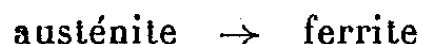
Dans un acier à 0,38 % C, 3,7 % Ni et 1,5 % Cr, la transformation



au refroidissement se caractérise également par une augmentation du module dans le domaine Ar″ des températures de transformation. Contrairement à la ferrite et conformément aux aciers austénitiques ([2]), le coefficient thermoélastique de l'austénite instable est sensiblement constant entre 800 et 350° C (*fig.* 3).

Dans un acier identique, préalablement maintenu à 800° C, la transformation isotherme austénite → ferrite se caractérise dans les domaines A*r*′ et A*r*″ par une augmentation de module dont l'amplitude est fonction de la valeur imposée à la température de transformation (*fig.* 4 et 3).

L'augmentation du module de Young lors de la transformation



des aciers étudiés paraît à priori paradoxale puisque la forme γ est plus compacte que la forme α et que, d'après Köster ([3]), cette même transformation se manifesterait dans le fer pur par une diminution du module. Mais cette contradiction semble illusoire : en effet, d'une part, à une augmentation du module de Young ne correspond pas nécessairement une augmentation du module de compressibilité et, d'autre part, l'extrapolation au-dessous de 750°C de la courbe de variation du module du fer pur γ ([3]) permet de concevoir qu'une augmentation de module puisse caractériser une transformation austénite → ferrite, dont la température est nettement inférieure à celle de la transformation $\gamma \to \alpha$ du fer pur.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Semi-microdosage iodométrique de l'acide nitreux. Élimination de l'erreur due à l'oxygène de l'air.* Note de MM. **François-Michel Lang** et **Gabriel Aunis**, présentée par M. Louis Hackspill.

Pour résoudre de nombreux problèmes il serait important de pouvoir suivre l'évolution de l'acide nitreux dans des milieux très étendus pour lesquels le dosage classique au permanganate ne peut plus s'employer. Nous avons pensé utiliser, en raison de sa précision, le dosage iodométrique dont s'était déjà servi F. Raschig ([1]) pour des concentrations de l'ordre de N/10. Mais dès qu'on atteint la concentration N/100 on se heurte comme Stig Veibel ([2]) à des

([2]) G. Vidal et P. Lescop, *Ingénieurs et techniciens*, n° 11, 1949, p. 173.
([3]) *Zeits. Metallkunde*, 39, 1948, p. 1-9.

([1]) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 3911.
([2]) *Zeits. für Phys. Chem.*, 10, 1910, p. 22.

difficultés que l'on peut attribuer à l'influence de l'oxygène de l'air dissous dans l'eau. La réaction $2NO_2^- + 2I^- + 4H^+ = 2NO + 2H_2O + I_2$ produit du bioxyde d'azote qui, à partir d'oxygène et d'eau, forme de nouvelles quantités d'acide nitreux.

Nous avons essayé d'éliminer cette cause d'erreur et, à la suite de nombreux essais, nous avons adopté le mode opératoire suivant pour doser l'acide nitreux aux concentrations de l'ordre de N/1000 :

Mode opératoire. — Dans un ballon de 250^{cm^3}, une prise d'essai de solution de nitrite de sodium, contenant au maximum 1/50000 de molécule-gramme, est additionnée de solution de soude pour l'amener à un volume de 20 à 25^{cm^3} et à une concentration à peu près normale en soude (par exemple 20^{cm^3} de nitrite N/1000 dans 5^{cm^3} de soude 2N). On ajoute 1^g de bicarbonate de sodium et 2^{cm^3} d'iodure à 20 % ; on ferme par un bouchon à trois trous dans l'un desquels passe un tube plongeant amenant un courant de CO_2, ayant traversé un petit laveur à acide sulfurique, et qui sera maintenu jusqu'à la fin du titrage ([3]). On fait passer un courant assez violent pendant 5 minutes; on introduit par un second trou, très lentement, à l'aide d'un petit entonnoir, 10^{cm^3} de solution sulfurique 4N ([4]); on maintient le courant gazeux pendant 2 minutes encore. On remplace le petit entonnoir par une semi-microburette de 5^{cm^3}, graduée en 1/20 de centimètre cube, et l'on introduit rapidement l'hyposulfite environ N/200 jusqu'à ce que la teinte jaune de l'iode ait presque disparu; on ajoute 1^{cm^3} d'empois d'amidon, puis on lave rapidement le ballon en soulevant le bouchon de caoutchouc qu'on remet aussitôt et l'on termine le titrage.

Le dosage est exact à une division de la burette près, soit 1/20 de centimètre cube.

Il est très important d'opérer en milieu alcalin; en effet nous avons remarqué qu'en faisant passer de l'oxygène dans de l'eau non alcalinisée nous avons obtenu des résultats trop forts, variables suivant la durée du passage, l'erreur pouvant dépasser 20 %. L'eau aérée donne déjà des résultats trop forts; un long courant de gaz inerte est nécessaire en milieu neutre, mais en milieu alcalin un temps beaucoup plus court suffit.

Quand on part d'une solution acide d'acide nitreux (dans ClH ou NO_3H N/10), on obtient des résultats exacts en faisant couler la prise d'essai dans la soude à condition de ne pas s'écarter du mode opératoire. Nous avons par contre observé de gros écarts lorsqu'on fait varier le pH du milieu.

Cette même méthode semble applicable en présence de faibles concentrations

---

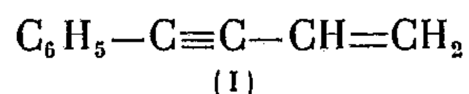
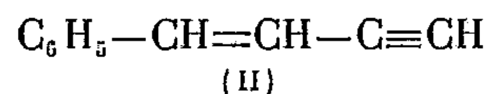
([3]) Stig Veibel estime nécessaire l'emploi de plusieurs réactifs pour laver CO_2; nous avons trouvé ces précautions inutiles.

([4]) Stig Veibel attribue les erreurs de dosage à l'oxygène dissous dans l'acide sulfurique 4N; nous avons utilisé par précaution de l'eau bidistillée et n'avons pas retrouvé cette cause d'erreur.

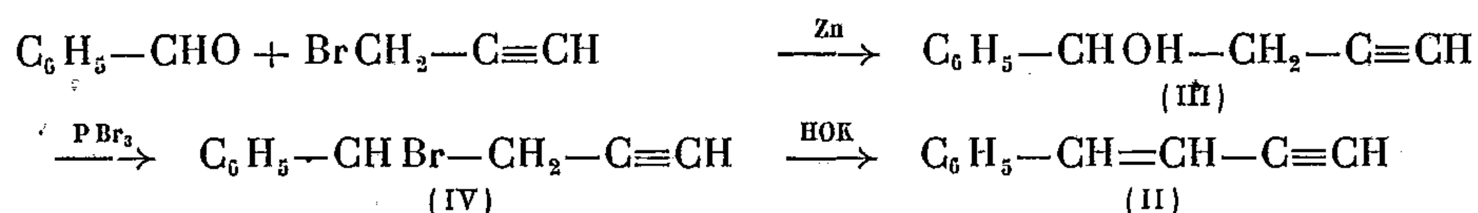
(du même ordre que celle de l'acide nitreux) de corps oxydants décomposés en milieu basique; nous avons vérifié ce fait avec l'eau oxygénée et le dérivé quinonique de la tétraméthylbenzidine ([5]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse et spectres Raman de deux ènynes isomères : le phényl-1 butène-3 yne-1 et le phényl-1 butène-1 yne-3.* Note (*) de MM. **René Golse** et **Le-Van-Thoi**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de nos recherches dans la série du phénylacétylène, l'un de nous ([1]) a décrit la synthèse du *phényl-1 butène-3 yne-1* (I), à partir du phényl-1 butyne-1 ol-3 ou du phényl-1 butyne-1 ol-4. Ces alcools acétyléniques sont transformés en éthers bromés qui, traités par la potasse alcoolique, perdent facilement une molécule d'acide bromhydrique pour donner l'ènyne correspondant.

Il nous a paru intéressant de comparer les propriétés de ce carbure (I) à celles de son isomère, le *phényl-1 butène-1 yne-3* (II), dont la synthèse a été réalisée d'après le schéma suivant :



Phényl-1 butyne-3 ol-1 $C_{10}H_{10}O$ (III). — Obtenu par condensation du bromure de propargyle sur le benzaldéhyde, en présence de zinc. Le meilleur solvant pour cette réaction de Reformatsky est l'éther anhydre; le rendement est de 50 %.

Liquide clair E_2 98°; n_D^{20} 1,5481, d_4^{20} 1,049; Hydrogène actif (Zerewitinoff) trouvé 1,35 %, calculé 1,37 %.

Ester acétique. — E_2 102°; n_D^{20} 1,5160; d_4^{20} 1,060.

Bromo-1 phényl-1 butyne-3 $C_{10}H_9Br$ (IV). — L'alcool (III), traité par PBr_3 en présence de pyridine, donne l'éther bromé (IV) avec un rendement de 38 %.

Liquide jaune E_2 95°; n_D^{20} 1,5747; d_4^{20} 1,352; Br trouvé 37,72 %, calculé 38,28 %.

Phényl-1 butène-1 yne-3 $C_{10}H_8$(II). — L'action d'un excès de potasse

([5]) F. M. Lang et G. Aunis, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 658 et 834.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) R. Quelet et R. Golse, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 661.

alcoolique concentrée et bouillante sur (IV) conduit aisément à l'ényne (II) (Rdt 90 %). Liquide incolore E_2 59°; n_D^{20} 1,6123; d_4^{20} 0,964; hydrogène actif (Zerevitinoff) trouvé 0,79 % calculé 0,78 %.

L'hydrogénation de (II) donne le *n*-butylbenzène attendu. Par action du brome sur (II), nous avons obtenu le tétrabromo-1.2.3.4 phényl-1 butène-3 F 195°.

Nous avons complété l'identification de (I) et de (II) par la spectrographie Raman. Par suite de leur polymérisation facile et très rapide, nous avons déterminé leurs spectres Raman sur des *solutions diluées* dans le tétrachlorure de carbone, suivant la technique mise au point par l'un de nous pour les acides résiniques ([2]).

Spectre Raman du phényl-1 butène-3 yne-1 :

494 (ff), 522 (f), 557 (f), **622** (m), 642 (f), 674 (ff), 698 (m), 878 (ff), 897 (f), 932 (aF), **998** (F), **1027** (f), 1081 (F), 1117 (ff), **1154** (m), **1175** (F), 1198-1209 (f), 1237 (f), 1262 (F), **1289** (aF), 1327 (f), **1410** (m), 1444 (f), 1486 (m), 1506 (f), **1589** (F), **1631** (m), **2186** (F), **2223** (TF).

Les deux raies 2186 (F) et 2223 (TF) sont caractéristiques de la triple liaison des dérivés acétyléniques bisubstitués. Leur forte exaltation et l'abaissement de leurs fréquences sont dus à la conjugaison de la triple liaison d'une part avec le noyau benzénique et d'autre part avec la double liaison vinylique; de plus, la raie de haute fréquence est la plus intense, ce qui est bien le cas des carbures acétyléniques aromatiques ([3]).

Les raies 1289 (aF), 1410 (m) et 1631 (m) correspondent au groupement vinyle ([4]), et les raies du noyau benzénique sont : 622 (m), 998 (F), 1027 (f), 1154 (m)-1175 (F) et 1589 (F).

Spectre Raman du phényl-1 butène-1 yne-3 :

615 (f), 877 (ff), 945 (f), **999** (F), **1015** (f), **1153** (f), **1178** (F), 1203 (m), 1232 (f), 1268 (F), 1296 (m), 1332 (f), 1442 (f), 1489 (f), 1511 (ff), 1549 (f), 1573 (m), **1593** (F), **1611** (TF), **2104** (F).

La triple liaison est caractérisée par une seule raie 2104 (F), le carbure (II) étant un acétylénique vrai. La raie 1611 (TF) de la double liaison est très intense, par suite de la conjugaison de cette dernière à la fois avec le noyau benzénique et la triple liaison. Enfin, les raies 615 (f), 999 (F), 1015 (f), 1153 (f)-1178 (F), et 1593 (F) correspondent au groupement phényle.

([2]) LE-VAN-THOI, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 615.

([3]) B. GRÉDY, *Thèses*, Paris, 1935.

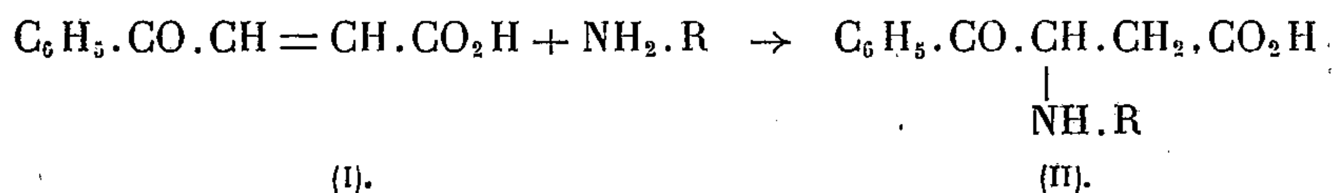
([4]) M. BOURGUEL, *Comptes rendus*, **194**, 1931, p. 1736.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés de l'acide benzoylacrylique. Combinaisons avec les amines primaires.* Note de MM. **Joseph Bougault** et **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans de précédentes Notes [1] nous avons montré les modalités selon lesquelles l'acide benzoylacrylique [formule (I)] pouvait se combiner d'une part aux composés organiques sulfhydrylés, d'autre part avec l'ammoniac, l'hydrazine et la semicarbazide.

L'objet de cette Note est de signaler de nouvelles réactions de l'acide benzoylacrylique, réactions dont les conséquences paraissent de nature à fournir à l'organicien et à l'analyste de nouveaux et précieux moyens d'investigation.

Action des amines primaires sur l'acide benzoylacrylique. — Les amines primaires se fixent sur l'acide benzoylacrylique en conduisant aux β-aminoacides de formule générale (II)



$$C_6H_5.CO.CH=CH.CO_2H + NH_2.R \rightarrow C_6H_5.CO.\underset{\underset{NH.R}{|}}{CH}.CH_2.CO_2H$$

(I). (II).

Cette réaction est d'une grande généralité; elle peut s'effectuer en milieu aqueux bicarbonaté, ou dans un solvant organique (alcool, acétone, benzène, éther, etc.).

Les rendements sont excellents, parfois quantitatifs. Suivant la nature du radical aminé, on observe un affaiblissement plus ou moins marqué de l'acidité du groupement carboxyle. Certains acides β-aminés ainsi obtenus, non seulement ne décomposent plus une solution aqueuse de bicarbonate de sodium, mais encore précipitent à l'état d'acide libre en présence d'un excès de bicarbonate de sodium lorsqu'on les prépare dans ce milieu. Ce fait nouveau paraît remarquable.

Tel est le cas des acides β-aminés obtenus avec la benzylamine, la phényléthylamine, la phénylisopropylamine, la benzylisopropylamine, etc. Par contre, les amines aliphatiques à bas poids moléculaires (méthylamine, éthylamine, éthanolamine, etc.), ainsi que les amines aromatiques (aniline, *p*-chloraniline, toluidine, etc.) ou hétérocycliques (aminopyridine, aminothiazol, etc.) conduisent à des β-aminoacides solubles dans les solutions aqueuses de bicarbonate de sodium.

On peut déjà, à cet égard, séparer les amines primaires en deux groupes, selon que les β-aminoacides obtenus par combinaison avec l'acide benzoyla-

---

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 395 et 606; **226**, 1948, p. 1378; **228**, 1949, p. 1952.

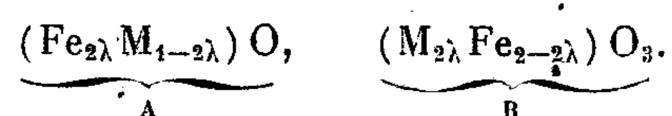
crylique sont solubles ou non dans les solutions aqueuses de bicarbonate de sodium.

Propriétés des β-aminoacides. — Les β-aminoacides obtenus par fixation d'une amine primaire sur l'acide benzoylacrylique ont un point de fusion caractéristique; ils se titrent avec exactitude par les alcalis en présence de phénolphtaléine, ce qui peut permettre de déterminer le poids moléculaire de l'amine tout en l'extrayant avec facilité d'un milieu pouvant être complexe. Ces combinaisons se décomposent par les alcalis en excès en régénérant dans d'excellentes conditions l'amine qui peut être ainsi isolée.

En résumé, cette réaction de fixation des amines primaires sur l'acide benzoylacrylique non seulement donne accès à une abondante série de composés nouveaux, mais encore les propriétés générales des β-aminoacides obtenus jointes aux caractéristiques de chacun d'eux (points de fusion, solubilités, etc.) font de l'acide benzoylacrylique un précieux réactif des amines primaires permettant de les extraire, les séparer, les caractériser et même les doser.

RADIO-CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude de la nature des ferrites spinelles.* Note (*) de M. **Félix Bertaut**, présentée par M. Charles Mauguin.

D'après Verwey et Heilmann [1] les ferrites spinelles sont notés



$$\underbrace{(Fe_{2\lambda}M_{1-2\lambda})}_{A}O, \qquad \underbrace{(M_{2\lambda}Fe_{2-2\lambda})}_{B}O_3.$$

Cette formule rend compte d'échanges possibles des ions Fe^{+++} et Cu^{++} entre les sites tétraédriques A et octaédriques B. λ est la fraction d'ions Fe sur les sites A. L'étude des ferrites de $M = Cu$, Ni, Co est réputée difficile en raison de la faible différence des facteurs atomiques de Fe et M. L'objet de cette Note est de montrer qu'il est possible de déterminer le paramètre λ par des mesures d'intensités.

Les facteurs de structure, en module, sont de la forme

$$|F| = F_0 + \lambda \Delta F_1,$$

où F_0 correspond au spinelle normal ($\lambda = 0$); le second terme, proportionnel à λ et à la différence Δ des facteurs atomiques de M et Fe apporte la correction, due à la nature mixte des spinelles. Le tableau classe les $|F|$ suivant les valeurs de la somme $h^2 + k^2 + l^2$ (2e colonne). Un écart ε de la valeur $u = 3/8$, admise

(*) Séance du 2 janvier 1950.

(1) *J. Chem. Phys.*, 15, 1947, p. 147. L'argument cristallographique de Verwey et Heilmann en faveur de la nature inverse des ferrites de Cu, Ni, Co d'après lequel l'ion Fe^{+++}, étant le plus petit, se logerait dans les sites A, les moins spacieux, n'est valable que pour $u < 31/80$. Or la valeur exacte de u est difficile à préciser.

ici pour le paramètre (1), (2) des atomes d'oxygène, dans le calcul des $|F|$ fournit une contribution à F_0 qui, aux faibles indices (hkl), est du premier ordre en ε pour les raies b et f, et du deuxième ordre, donc négligeable pour les raies a, c, d, e.

Catégorie.	$h^2+k^2+l^2$.	F_0.	F_1.
a........	$32n$	$4O+2Fe+Cu$	0
b........	$16n+11$	$Fe+\frac{Cu}{\sqrt{2}}$	$-(\sqrt{2}-1)$
c........	$16(2n+1)$	$4O+Fe-Cu$	4
d........	$32n+12$	$-4O+2Fe$	2
e........	$16n+8$	Fe	-2
f........	$16n+3$	$Fe-\frac{Cu}{\sqrt{2}}$	$(\sqrt{2}+1)$
	$(n=0,1,2,\ldots)$		

Notre méthode consiste à comparer deux raies d'intensités moyennes (3), indépendantes de l'incertitude sur u et variant avec λ en sens inverse telles que c et e, ou d et e. De plus le choix de la radiation $K\alpha$ du Co, voisine de l'arête d'absorption de Fe permet d'accroître Δ de 1 à 2 unités (4), et par là, d'augmenter la sensibilité de la méthode. Le rapport d'intensités $I(hkl)$ $[=p|F|^2, p=$ multiplicité du plan $(hkl)]$ de telles raies varie dans des limites assez larges pour permettre le dosage de λ. Dans l'exemple numérique suivant, relatif aux raies (400) et (220) de Fe_2O_3, CuO cubique, ce rapport peut varier de 0,85 à 2,66.

$$\frac{I(400)}{I(220)}=\frac{6(27,1+19,4\lambda)^2}{[12(20,9-9,8\lambda)^2]}.$$

Nous avons trouvé $\lambda=0,06$ pour un ferrite de Zn, refroidi lentement, $\lambda=0,36$ pour un ferrite de Cu($a=8,37$ Å) trempé dé 960°C, c'est-à-dire au-dessus de son point de transformation (760°C), et $\lambda=0,44$ pour le férrite de Cu, refroidi lentement et quadratique (5) ($a=8,216$ Å; $c/a=1,060$).

Le ferrite de Zn est donc voisin d'un spinelle normal; ce qui est connu par ailleurs (1), (6). Le ferrite de cuivre cubique est intermédiaire entre le spinelle statistiquement désordonné ($\lambda=0,33$) et le spinelle inverse ($\lambda=0,5$). A basse température le ferrite de cuivre, quadratique, tend vers un état ordonné où $\lambda=0,5$.

(2) *Struckturber.*, 1, 1913-1928, p. 350.

(3) La comparaison des raies a, invariantes (ou b, variant peu avec λ) avec les raies c à f; variant fortement avec λ, se heurte à la difficulté bien connue en photométrie de mesurer exactement les intensités de raies moyennes et faibles c à f par rapport à celles de raies très fortes a et b.

(4) H. Hoenl, *Ann. der Phys.*, 18, 1933, p. 625.

(5) L. Weil, F. Bertaut et L. Bochirol, *J. Phys.* (à paraître).

(6) W. Ruedorff et B. Reuter. *Z. anorg. Chem.*, 253, 1947, p. 194.

La variation de λ entre les deux phases de ferrites de Cu($\Delta\lambda = 0{,}08$) est en accord avec la théorie de M. Néel (7) qui attribue la variation de la saturation des ferrimagnétiques à des échanges entre sites A et B. Un accord quantitatif des valeurs de λ elles-mêmes ne pourra être réalisé que par des mesures d'intensités plus précises et enfin une connaissance plus exacte des facteurs atomiques (8) et de leurs corrections au voisinage d'une arête d'absorption (4).

Qualitativement il ressort de l'étude actuellement en cours que les deux types principaux, normal ($\lambda = 0$) et inverse ($\lambda = 0{,}5$), sont des formes d'équilibre vers lesquelles les divers spinelles ne tendent qu'aux basses températures.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Influence de la focalisation du faisceau électronique sur la finesse des raies de diffraction.* Note de MM. **Henry Bildé** et **Jean Devaux**, présentée par M. Charles Mauguin.

Quand on examine un échantillon par diffraction d'électrons, on focalise généralement le faisceau incident dans le plan du film; ce réglage donne des raies de diffraction fines quand le faisceau est normal au plan de l'échantillon; s'il ne l'est pas, la focalisation des raies n'a plus lieu dans le plan du film; nous montrerons comment on peut y remédier en faisant varier la convergence du faisceau.

Si nous décomposons le faisceau en une série de faisceaux de plus petites dimensions, chacun de ces *rayons* électroniques se diffractera pour donner un cône de demi-angle 2θ ayant pour axe le rayon incident et pour sommet le point où ce rayon a coupé la surface de l'échantillon.

Nous ne considérerons d'abord que les cônes issus de points situés dans le plan de la figure 1 [plan contenant l'axe du faisceau (OZ) et perpendiculaire au plan de l'échantillon]. Appelons R_0 la distance $\overrightarrow{NQ}$, R la distance $\overrightarrow{NM'}$, ΔR la distance $\overrightarrow{QM'}$ et D′ la distance $\overrightarrow{OA}$.

Comme θ et ω_0 sont petits et $|\alpha| \gtrsim |\omega|$, on a

$$\Delta R = -\frac{2\theta\omega D'}{\operatorname{tg}\alpha - \omega} + \omega(D' - z). \quad (1)$$

Pour que cette quantité puisse s'annuler, il faut que, si $D' > 0$, on ait

$$2\theta < \operatorname{tg}\alpha - \omega,$$

et si $D' < 0$, on ait

$$2\theta > \operatorname{tg}\alpha - \omega,$$

(7) *Ann. Phys.*, **3**, 1948, p. 137; *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 190. Le paramètre x chez Néel est relié à λ par $x = 1 - 2\lambda$.

(8) R. W. James et G. W. Brindley, *Phil. Mag.*, **12**, 1931, p. 81 et notamment p. 102.

c'est-à-dire que, pour focaliser dans le plan P, il faut que le faisceau incident soit convergent au niveau de l'échantillon dans le cas de la transmission et divergent dans le cas de la réflexion.

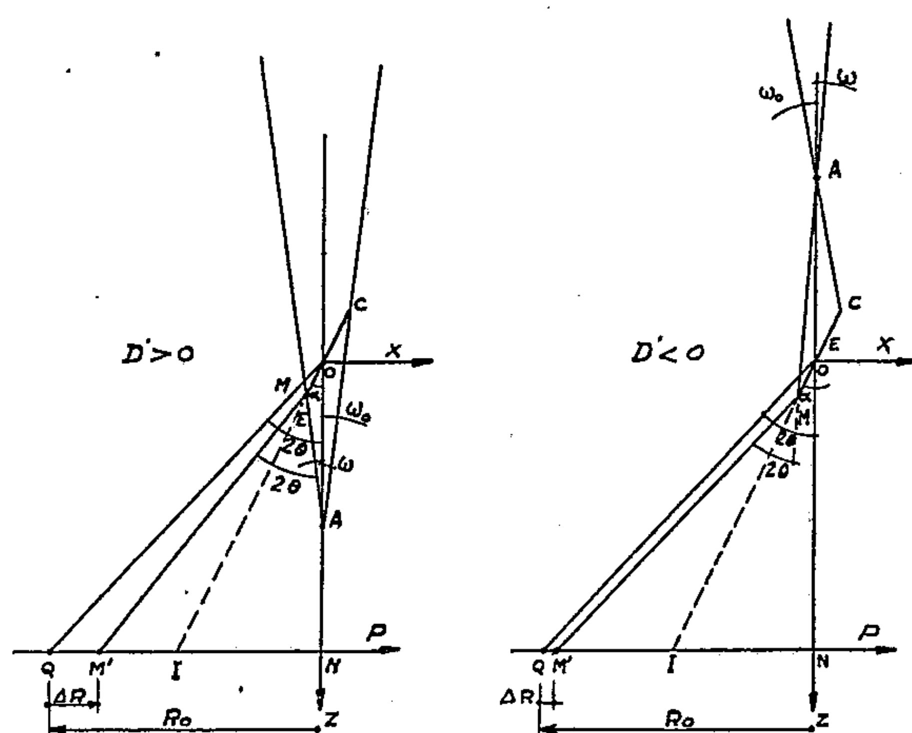


Fig. 1.

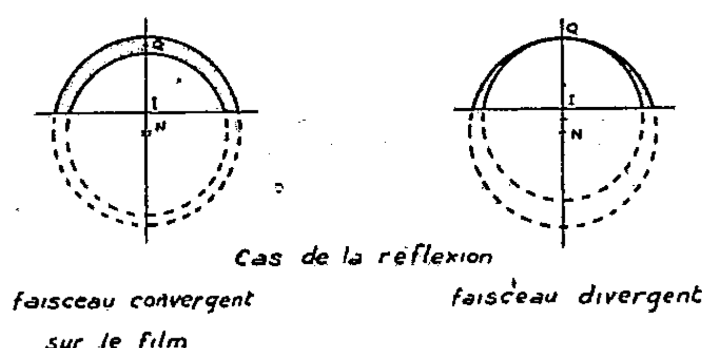


Fig. 2.

Quand on fait varier 2θ, la valeur de z donnant la meilleure finesse de raie ne reste pas constante. Pratiquement pour obtenir une bonne focalisation de tous les anneaux k, h, l, on peut disposer un diaphragme, tournant avec l'échantillon pendant la pose et ne laissant passer que la raie qui est focalisée pour l'angle α correspondant. En effet, on a

$$z = D' - \frac{2\theta D' \operatorname{tg}\alpha}{(\operatorname{tg}\alpha)^2 - \omega_0^2} \cong D' - \frac{2\theta D'}{\alpha}; \tag{2}$$

donc, pour une valeur donnée de z, θ est proportionnel à α.

Pour la transmission, on voit que, si $\alpha = 90^\circ$, $\Delta R = \omega(D' - z)$, donc la focalisation aura lieu pour $D' = z$, c'est-à-dire le point de convergence du faisceau sur le plan du film. Si $\alpha = 90^\circ$, le faisceau doit toujours être convergent au niveau de l'échantillon, mais $D' = z \operatorname{tg}\alpha/(\operatorname{tg}\alpha - 2\theta)$.

Si nous examinons dans le cas de la réflexion la largeur de la raie dans le plan du film en dehors de la trace du plan $x\,O\,z$, on voit qu'il y a élargissement de la raie en dehors de cette direction, la section du faisceau par le plan de l'échantillon se présentant sous la forme d'une ellipse très allongée suivant O C. On voit sur la figure 2 qui représente une raie de diffraction dans le plan du film que les taches données par les différents cristaux touchés par les électrons se répartissent à l'intérieur d'une couronne limitée par deux arcs de cercle; dans le cas d'un faisceau divergent, ces deux arcs sont tangents au point de focalisation.

D'autre part, le fait que le faisceau a une certaine largeur $2y$ au niveau de l'échantillon suivant l'axe perpendiculaire au plan de la figure 1 entraîne un

élargissement $\sigma = y^2/2R = (D'\omega_0)^2/4\theta z$ de la raie dans la direction de focalisation, cet élargissement se faisant vers le centre du diagramme.

Nous avons effectué des mesures sur des diagrammes de diffraction en réflexion et transmission par l'oxyde de Zn préparé de façon identique de manière à ne pas modifier l'aspect des raies dues à la cristallisation du corps. Nous avons obtenu des résultats qui confirment la théorie que nous venons d'exposer.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Calabrien dans la région oranaise.* Note (*) de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans le Nord-Ouest du Massif du Dahra, nous avons montré l'existence, en discordance au-dessus du Pliocène, de grès marins formant les plateaux qui dominent la mer ([1]). J'ai pu, à l'Ouest de cette région, que j'ai seule étudiée en détail, suivre cet horizon vers l'Ouest dans toute la région oranaise, grâce principalement aux cartes géologiques existantes ([2]). Sur ces cartes, cet horizon se retrouve partout avec des caractères analogues. Il a été tantôt confondu avec l'Astien et alors noté p, tantôt (cartes de Doumergue) isolé sous les notations p^1 et p^2, la distinction par cet auteur du p^1 et du p^2 résultant uniquement de leur différence d'altitude. Partout cet ensemble de grès conserve les caractères qu'il a dans le Nord du Dahra : il est constitué à la base par des bancs gréseux peu épais avec empreintes de fossiles, *Pectunculus* principalement, surmontés de masses plus puissantes de grès dunaires (30 à 50^m).

Seules varient les conditions de gisement. Alors que dans la région du Dahra ces grès formaient simplement l'entablement d'un plateau affecté de flexures (*fig.* 1), dans la région située au Sud de Mostaganem, ils sont plissés et affleurent à la périphérie des anticlinaux où ils présentent des pendages de 10 à 30° en moyenne; ils reposent tantôt sur l'Astien, tantôt sur des couches plus anciennes vers le cœur des structures. En un point à 4^{km} environ au Sud de Bou-Guirate, ils sont séparés de l'Astien et des terrains plus anciens par un calcaire lacustre à Limnées contenant en outre des Hélix (*fig.* 2). Au Sud de la plaine de l'Habra, ces grès, toujours bien reconnaissables à leur faciès et par leur position, recouvrent encore en discordance l'Astien et les couches plus anciennes du Miocène. La discordance des grès sur l'Astien est

---

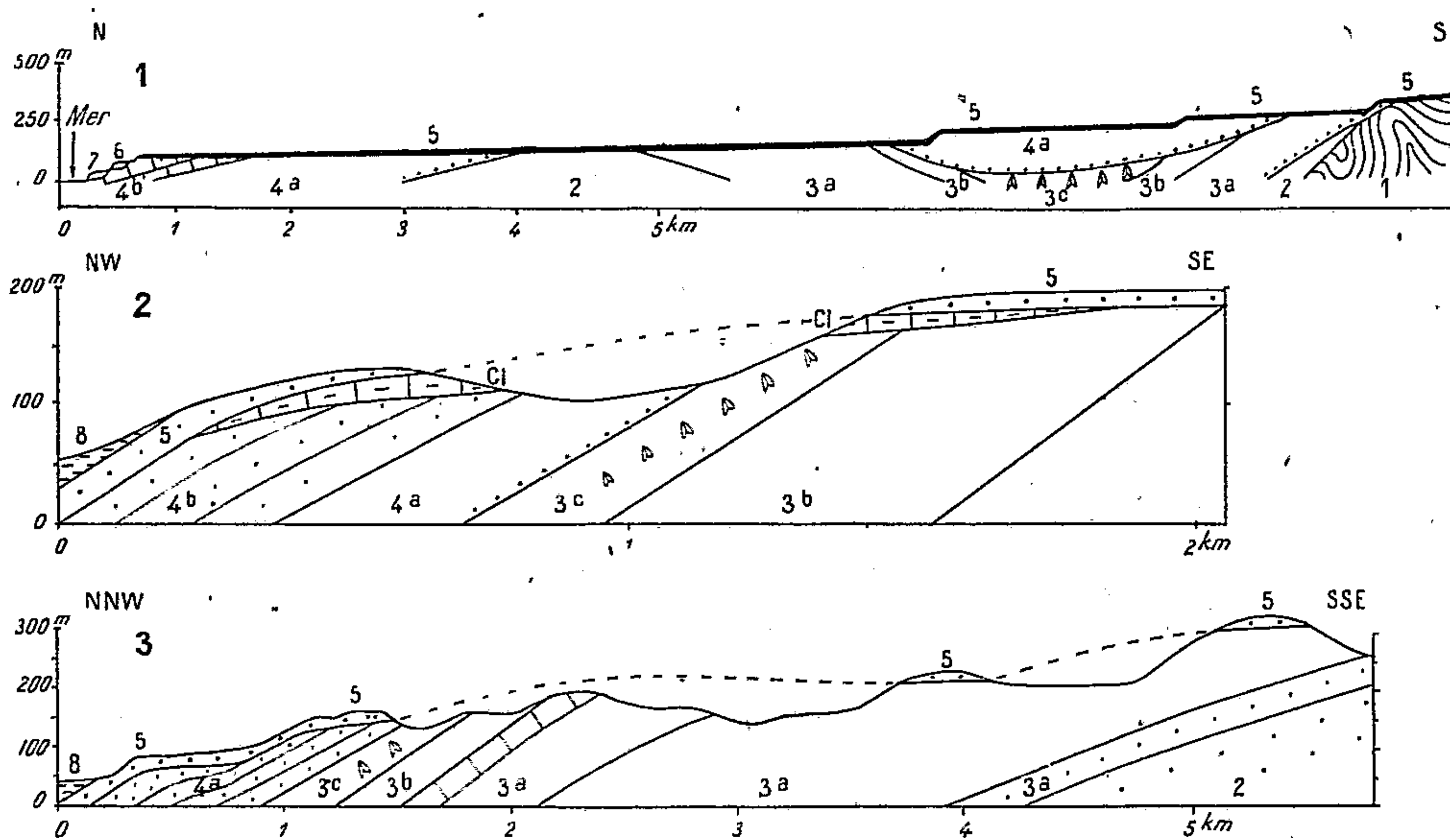
(*) Séance du 2 janvier 1950.

(1) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p .

(2) Feuilles : Oran (1908), Saint-Cloud (1909), Arzew (1913), Les Andalouses (1924), dues à Doumergue; Relizane (1911), Mostaganem (1913), Perrégaux (1936), dues à M. Dalloni; toutes publiées par le S. C. G. A. En outre levés inédits de la S. N. Repal effectués par MM. Germain et Lossel sous la direction de MM. Badoux et Tenaille.

particulièrement nette au voisinage du marabout de Sidi-Salem, à 3km environ au Sud-Sud-Est de Sahouria (*fig.* 3).

Aux environ d'Oran, ces grès forment tout le plateau sur lequel est bâtie la ville. A l'Ouest de celle-ci, ils se continuent autour des principaux reliefs et j'ai pu les suivre jusqu'au voisinage du Cap Sigale.



Conditions de gisement du Calabrien d'Oranie.

1, substratum anténéogène; $2a$, $2b$, $2c$, Miocène inférieur, niveaux successifs; $3a$, $3b$, $3c$, Miocène supérieur, niveaux successifs; 4, Pliocène (dit ancien); Cl, calcaires lacustres; 5, Calabrien; 6 et 7, plages soulevées; 8, alluvions.

L'âge de ces grès ne peut pas, faute de fossiles suffisants, être déterminé directement. Toutefois leur position discordante au-dessus de l'Astien fait qu'ils ne peuvent être considérés que comme post-pliocènes. Le fait qu'ils soient à peu près toujours déformés, parfois plissés, joint au fait qu'ils dominent la plage à Strombes et parfois aussi une plage plus ancienne est une présomption en faveur d'un âge aussi ancien que possible, et nous pensons ne pas pouvoir les placer ailleurs que dans le Calabrien. Cette hypothèse est corroborée par deux faits : d'abord on observe à l'Est des plateaux du Dahra, immédiatement au-dessus de la lumachelle, l'horizon à pisolithes ferrugineux que l'on retrouve dans le Villafranchien du versant Sud du même massif; ensuite Doumergue signale dans ces grès (légende de la feuille de Saint-Cloud) *Pecten maximus*, espèce inconnue dans le Pliocène méditerranéen puisqu'elle n'a pénétré dans cette mer qu'à partir du Calabrien.

En *résumé* il a existé sur le littoral oranais un golfe, qui a laissé sur le Pliocène des dépôts discordants s'allongeant sur environ 200km le long de la côte et ayant par places pénétré dans l'intérieur des terres jusqu'à environ 50km du

rivage. Les dépôts toujours déformés et parfois plissés doivent appartenir au même niveau que ceux que l'on trouve en Italie dans la même situation stratigraphique et qui sont le type de l'étage calabrien ([3]).

GÉOLOGIE. — *Sur l'interprétation de la courbe hypsographique.* Note de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Charles Jacob.

La courbe hypsographique, qui indique la répartition statistique des altitudes et des profondeurs marines à la surface du globe, montre deux paliers, qui font ressortir la fréquence des zones comprises entre la profondeur de 200^m et une altitude de 1500^m environ, et des profondeurs marines comprises entre 3000 et 5000^m. Les profondeurs intermédiaires, de 200 à 3000^m, sont relativement plus rares.

On interprète généralement cette disposition en admettant une différence foncière de structure de l'écorce terrestre entre les continents et les océans, les premiers comportant une certaine épaisseur de roches silico-alumineuses (Sial), légères, qui manqueraient sous les océans, où l'on ne trouverait que des roches basiques, ferro-magnésiennes (Sima), lourdes; la différence d'altitude traduirait, par le jeu de l'isostasie, le contraste des densités.

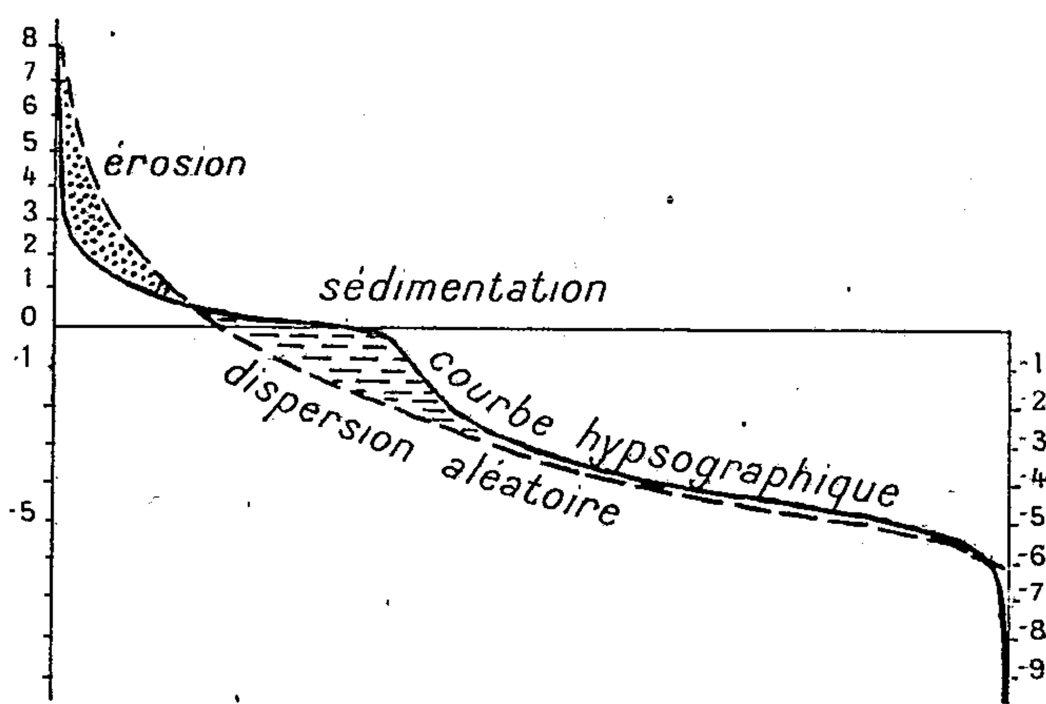
Il me semble que l'on peut interpréter d'une manière très différente l'allure de la courbe hypsométrique. Imaginons qu'à l'origine, les phénomènes tectoniques et magnétiques aient réparti au hasard les roches lourdes et légères dans les différentes régions. Comme l'altitude de chaque compartiment dépend, par le jeu de l'isostasie, de sa densité moyenne, la répartition statistique de ces altitudes, qui est donnée par la courbe hypsographique, exprime une dispersion conforme aux lois du hasard. Il semble d'ailleurs qu'il doive s'agir d'une loi de dispersion dissymétrique, telle que celle indiquée sur la figure par une ligne interrompue, puisque les roches basiques sont, au total, nettement plus abondantes que les roches acides.

Par la suite, l'érosion attaque les reliefs continentaux, tendant à abaisser la portion correspondante de la courbe hypsographique. Les produits de l'érosion s'étalent dans les plaines ou en mer, au voisinage des rivages, sur la plateforme continentale, qu'ils paraissent constituer pour la plus grande partie, comme l'ont montré les recherches de Géophysique sous-marine de Ewing, sur la côte atlantique des États-Unis. La sédimentation serait ainsi responsable de la surélévation de la courbe hypsographique entre 2000^m de profondeur et 500^m d'altitude; elle aurait déterminé le palier qui s'étend jusqu'à moins 200.

([3]) Contrairement à ce que pensaient les anciens auteurs, les travaux récents ont montré que le Calabrien d'Italie était souvent déformé (Sicile), parfois plissé (bordure de la plaine du Pô).

Il faut, bien entendu, comprendre dans l'action de l'érosion et de la sédimentation l'effet du réajustement isostatique correspondant.

En fait, les choses n'ont pas été aussi simples. L'écorce ne s'est pas formée en une fois; sa composition a été remaniée à plusieurs reprises, à des époques très variées suivant les points. Des bouleversements plus ou moins profonds ont suivi le jeu de l'érosion et de la sédimentation, portant les dépôts à des altitudes très différentes de celles où ils s'étaient formés. Mais ces complica-



tions n'ont pas dû modifier beaucoup l'allure de la courbe hypsographique : le fait que le cycle évolutif soit d'âge très différent suivant les points ne change rien à la théorie qui vient d'être esquissée. La courbe hypsographique pour les continents résulte de la juxtaposition de reliefs jeunes et de plateformes usées. Un bouleversement tectonique, s'il était extrêmement profond, ramènerait simplement la répartition des densités à se faire au hasard. Dans les régions où il est moins important, il introduit une certaine dispersion complémentaire et adoucit, sans l'effacer complètement, le palier de la courbe hypsographique. L'érosion et la sédimentation postérieures aux derniers mouvements tectoniques (d'âges très variables suivant les points) ont été suffisantes pour accuser nettement le palier de moins 200.

Dans la mesure où elles ne sont pas normalement compensées au point de vue isostatique, on ne doit pas s'attendre à ce que les fosses de grande profondeur soient représentées d'une manière satisfaisante par la courbe de dispersion, qui vise avant tout les densités moyennes des différents compartiments de l'écorce; les fosses abyssales paraissent résulter de phénomènes tectoniques particuliers.

L'interprétation proposée présente l'avantage de faire comprendre la position du palier supérieur de la courbe hypsographique par rapport au niveau des mers, position qu'il aurait fallu considérer comme une simple

coïncidence dans l'hypothèse d'un contraste essentiel entre les radeaux de Sial des blocs continentaux et les fonds océaniques.

Il va de soi qu'elle ne doit pas conduire à méconnaître la différence de constitution géologique entre les aires continentales, où prédominent les roches légères, et les zones océaniques, à prédominance de roches basiques, lourdes; mais il n'y aurait pas à chercher une limite tranchée. On sait d'ailleurs que beaucoup de géologues et de géophysiciens admettent la présence de lambeaux de roches acides (Sial) au fond de l'Océan Atlantique.

Ce point de vue conduirait sans doute à réviser la conception wegenerienne de la dérive des continents.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des calcaires de Saint-Menoux (Allier).* Note de MM. **Jean Viret** et **Henri Gauthier**, présentée par M. Charles Jacob.

A 15km au Nord-Ouest de Moulins, à Saint-Menoux, sur la route de Bourbon l'Archambault, le calcaire oligocène de la Limagne bourbonnaise vient reposer sur le Permien. Encore exploité pour la fabrication de la chaux, ce calcaire a livré autrefois un museau d'*Anthracotherium*, conservé au Musée de Moulins et décrit par Gaudry sous le nom d'*A. cuvieri*. Cette trouvaille établissait sans conteste l'âge stampien du calcaire, mais ne permettait pas de préciser davantage.

Dans sa révision des Anthracothériidés européens, H. G. Stehlin [1] fait mention de nouveaux documents : de pattes d'*A. cuvieri*, qui se trouvaient alors en la possession de M. l'abbé Moret, curé de Saint-Menoux. Le fort développement des doigts latéraux l'amena à penser qu'*A. cuvieri* est plus archaïque que l'*A. valdense* Kowalevsky, du Stampien supérieur. En outre, il rectifia l'assertion suivant laquelle le calcaire de Saint-Menoux contiendrait *Helix ramondi* Brong. Ayant récolté lui-même *H. tournali* Noulet dans les carrières, il en conclut que le niveau de Saint-Menoux pourrait bien être le même que celui des calcaires de Cordes, c'est-à-dire le Stampien moyen.

En juillet dernier, M. Louis Charpy, qui exploite la carrière de Souys, nous prévint de la découverte de fossiles. Nous nous sommes rendus à Saint-Menoux où nous avons pratiqué une petite fouille et prélevé des argiles fossilifères aux fins de lavage au tamis.

Les calcaires de Saint-Menoux représentent une ancienne craie lacustre, souvent recristallisée; ses strates, parfaitement horizontales, témoignent d'une sédimentation en eau calme. La poche fossilifère de la carrière de Souys est liée à l'arrivée brutale, dans les eaux du lac, d'un torrent qui a raviné les sédiments encore meubles, creusé localement une

(1) H. G. Stehlin, *Zur Revision der europäischen Anthracotherien* (*Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, 21, 1910, p. 165-185).

petite cuvette où il a déposé une argile sableuse et graveleuse, relativement riche, du moins à sa base, en restes de Vertébrés : Crocodiles, Tortues de grande taille, et surtout Mammifères où prédomine *Anthracotherium cuvieri* Gaudry. Mais la violence du courant a été suffisante pour briser les crânes et les os longs, de sorte que les fossiles récoltés sont le plus souvent des dents isolées, voire incomplètes. Voici la liste des espèces, d'après les documents recueillis par nous-mêmes ou reconnus dans la collection Charpy : *Aceratherium albigense* Roman, *Anthracotherium cuvieri* Gaudry (*non* Pomel), Suidé (*Doliochærus* an *Propalæochœrus*) ([2]), *Bachitherium curtum* Filhol, *Cænomeryx* sp., *Archæomys chinchilloides* Gervais, *Melissiodon* sp. *Paracricetodon* sp., *Cricetodon* aff. *incertum* Schlosser, *Issiodoromys* sp. de petite taille, Talpidé cf. *Amphidozotherium*, *Amphicyon* cf. *ambiguus* Filhol.

En attendant une étude plus détaillée, cette faune suffit à préciser l'âge. Aucune des espèces reconnues avec certitude ne monte dans le Stampien supérieur; c'est le cas, en particulier, d'*A. albigense* et d'*A. ambiguus*. En dehors des phosphorites ou de certains gisements sidérolithiques de l'Allemagne du Sud, le genre *Doliochœrus* n'a été jusqu'ici rencontré que dans le Stampien moyen; quant au *Palæochœrus*, il est Stampien moyen ou supérieur. Le Cainothériidé du gisement est un *Cœnomeryx*, donc antérieur au Stampien supérieur. Ses restes sont d'ailleurs relativement rares dans cette faune, alors que des Cainothériidés nettement plus évolués fourmillent dans le Stampien supérieur de Coderet, à 30^{km} plus au Sud. Par ailleurs, le genre *Microbunodon* caractéristique du Stampien supérieur fait défaut. *Paracricetodon*, *Bachitherium*, *Archæomys chinchilloides* Gervais pourraient se rencontrer également dans le Stampien inférieur, mais, jusqu'ici, aucun *Melissiodon* n'a été trouvé à un niveau aussi ancien. Au reste, l'absence de toute forme typique des niveaux de base du Stampien, tels que *Entelodon* et *Plagiolophus*, ne permet pas de vieillir la faune au delà du niveau moyen de l'étage. Aussi bien, les affinités de la faune de Saint-Menoux paraissent grandes avec celles des argiles de Marseille-Saint-Henri. L'*Anthracotherium* semble commun aux deux gisements. On peut toutefois être frappé de l'absence d'*Elomeryx* (ex *Brachyodus*) *borbonicus* Gervais, si abondant dans ce dernier gisement, et ceci d'autant plus que le type de l'espèce vient précisément des grès de Vaumas dans la vallée de la Besbre, près de la bordure orientale de la limagne bourbonnaise. Cette absence peut n'être que provisoire, ou bien être liée à une question de faciès. *Ainsi l'âge stampien moyen des calcaires de Saint-Menoux, pressenti par Stehlin, se trouve maintenant confirmé.*

Sur le bord Ouest du bassin, ce gisement vient s'ajouter à celui du four à chaux de Verneuil près Saulcet, tandis qu'à l'Est est connu celui de Vaumas sur Besbre dont il a été question. Au Stampien supérieur appartiennent les affleurements de Coderet près Branssat (bord Ouest), et de Peublanc près

---

([2]) L'unique document : un fragment de mandibule avec les trois molaires, mais sans prémolaires, n'est pas suffisant pour une détermination générique.

Sorbier (bord Est). Le niveau de base de l'Aquitanien n'a pu être encore repéré avec certitude au milieu des calcaires concrétionnés, faute d'une faunule caractéristique. La grande masse des calcaires à phryganes, avec la faune classique dite de Saint-Gérand-le-Puy, correspond à l'Aquitanien moyen.

L'extension du lac qui occupait la Limagne bourbonnaise paraît avoir peu varié au cours des temps oligocènes. La localisation des affleurements stampiens sur la bordure actuelle est liée à la subsidence du bassin ainsi qu'à l'érosion après émersion.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les* Coups de Sabre *des Chutes Gauthiot (Territoire du Tchad).* Note de MM. **Julien de Beauregard, André Bouchardeau** et **Edmond Roch**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

A 270^{km} en droite ligne au Sud-Sud-Ouest de Fort-Lamy, les Chutes Gauthiot sont deux cascades du Mayo (rivière) Kebbi qui entaillent, avec une dénivellation de 50^{m}, la pénéplaine granito-gneissique.

Nous désignerons sous le nom de *Coups de Sabre,* des accidents topographiques bien rendus par la carte au 1/100000 de M. Bourao et très visibles sur les photographies aériennes, au voisinage des cascades. Il s'agit de coupures profondes de 50^{m}, franches, aux parois abruptes, rectilignes, longues de 4^{km} parfois, dirigées le plus souvent du Nord-Ouest au Sud-Est. Elles commandent certaines parties du cours actuel du Kebbi à l'amont et à l'aval des chutes et celui de son affluent de rive gauche, le Mayo Tam, dont, dans le secteur proche du confluent, la direction de la vallée prolonge exactement celle d'un ancien Kebbi. Les *Coups de Sabre* tranchent indifféremment, et presque à angle droit, les rhyolites, les lits de granito-gneiss et ceux de gneiss plus micacés, dont la direction est NNE-SSW.

Leur origine première demeure mystérieuse, car il est certain que l'érosion les souligne. Si elle avait opéré seule le long de diaclases, l'érosion pourrait, certes, être tenue pour responsable du façonnement d'*une* paroi des *Coups de Sabre,* mais non de l'autre, qui sectionne aussi bien les contacts des diverses roches que leurs feuillets quand il s'en présente de bien apparents. On ne voit nulle part que l'érosion ait été invitée à jouer sur l'emplacement de zones d'écrasement. Il s'agit encore moins de failles récentes, comme le suggérerait le caractère d'extrême jeunesse de ces entailles dans la pénéplaine, puisque cette dernière n'est pas dénivelée et puisque l'on trouve, de part et d'autre des accidents, des alluvions anciennes aux mêmes cotes. On ne peut enfin déceler l'existence de touches de piano abaissées (autrement dit, de micrograben), car nulle part on ne constate de miroirs de faille, ni de brèches de friction.

Ces curieuses coupures ressemblent à ce qui a été décrit récemment au

Canada par M. Fitz Osborne (¹) sous le nom de *Joints de tension*. Il leur attribue la formation de vallées rectilignes, aux murs abrupts, et même celle d'escarpements proéminents. Ces accidents recoupent les schistes cristallins presque à angle droit. Leur description s'applique en tous points à la région des Chutes Gauthiot. Mais, pour l'auteur canadien, les joints pourraient résulter d'efforts qui se seraient produits pendant l'intrusion d'un massif d'anorthosite, c'est-à-dire qu'ils dateraient du Précambrien. En ce qui concerne les *Coups de Sabre*, étant donné leur aspect très jeune, nous pensons qu'il s'agirait plutôt de joints de tension de date récente, peut-être quaternaire, provoqués par des déformations du Socle.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les courants de perturbations entre le Sud de l'Afrique et la Mer de Ross*. Note (*) de MM. **Raymond Jalu** et **André Viaut**, présentée par M. Pierre Lejay.

Pendant le transport de l'expédition antarctique française (Mission P.-E. Victor), par le *Commandant Charcot*, commandé par le Capitaine de Frégate Max Douguet, une série continue de cartes synoptiques ont été tracées sur l'ensemble de la partie méridionale de l'Océan Indien jusqu'au continent antarctique, entre les méridiens du Cap et de la Mer de Ross.

Cet ensemble de cartes apporte des précisions intéressantes sur la circulation générale dans cette région pendant l'été austral.

Les perturbations liées au *front polaire* se déplacent d'Ouest en Est, puis vers le Sud-Est des Iles Marion et Heard jusqu'aux Iles Balleny et à la Mer de Ross; c'est la trajectoire normale avec les particularités suivantes :

La période est généralement courte (entre 24 et 36 heures); l'*occlusion* des perturbations est très rapide; les vents soufflent presque toujours en tempête entre les parallèles 40 et 60; les précipitations de *front froid* sont particulièrement fortes.

Près de la Terre Adélie on peut distinguer deux régimes assez nets :

Lorsque les perturbations sont déjà *vieilles* à leur arrivée aux longitudes de Marion et Heard (centres vers le 60ᵉ parallèle), elles sont fortement *occluses* lorsqu'elles atteignent la côte de la Terre Adélie, la trajectoire de leurs centres coupant la côte entre les méridiens 90 et 110° Est. Elles s'atténuent alors contre les hautes pressions relatives de la partie orientale de l'anticyclone antarctique donnant seulement des nuages moyens en voiles discontinus à plusieurs

(¹) *Rapport annuel du Service des Mines de Québec pour l'année* 1934. Partie E, Région de Labelle-L'Annonciation, pl. III, *fig.* A et surtout *fig.* B. Nous remercions à cette occasion notre Confrère E. Aubert de la Rüe à qui nous devons cette référence bibliographique.

(*) Séance du 14 décembre 1949

niveaux, peu de neige, des vents modérés ou faibles du secteur Ouest (rotation de l'Est à l'Ouest par le Nord).

Lorsque les perturbations sont *jeunes* entre Marion et Heard, avec secteur chaud largement ouvert, leur tête se trouve dans une dépression dont le centre est compris entre les parallèles 45 et 55; la trajectoire de ce centre s'incurve vers le Sud, progressivement, pour atteindre les îles Balleny puis la Mer de Ross.

Il y a aussi lieu de noter une *cyclogénèse* active entre Marion et Heard qui paraît due au fort gradient de température entre le Sud de l'Afrique et le 50e parallèle, lui-même lié au resserrement remarquable des isothermes de l'eau de mer en surface. Les perturbations nouvelles se forment à l'extrémité Nord d'un front froid; elles se déplacent d'abord rapidement vers l'Est, puis leur vitesse décroît tandis que leur occlusion a lieu; on constate alors vers le 110° méridien d'immenses occlusions, orientées S-N dans un vaste thalweg s'étendant du continent antarctique à l'Australie; ces perturbations vont ensuite mourir dans un immense tourbillon dépressionnaire en Mer de Ross. Au passage de la partie méridionale de ces perturbations au Nord de la côte de la Terre Adélie, le temps est très mauvais avec tempêtes d'Est à Sud-Est au début, puis de Sud ou Sud-Sud-Ouest dans la partie postérieure de la dépression alimentée en air continental direct; les précipitations sont généralement abondantes et suivies d'un fort chasse-neige.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la vernalisation sur l'évolution des glucides au cours de la germination de* Raphanus sativus. Note de M. **Robert Dupéron**, présentée par M. Raoul Combes.

Depuis quelques années un certain nombre de recherches ont été entreprises pour déceler l'influence de la vernalisation sur le métabolisme chez les végétaux. Plusieurs de ces travaux ([1]) ([2]) s'accordent à montrer que le traitement par le froid artificiel enrichit en glucides solubles les semences en germination. Nous relatons ici des recherches de cet ordre, entreprises avec les graines de *Raphanus sativus* (radis national de Vilmorin), dont la vernalisation a été effectuée, avec succès, par R. David ([3]). Nous avons suivi l'évolution des glucides au cours de la germination de ces semences, pendant et après le traitement par le froid.

Les différentes formes de glucides ont été dosées dans les semences non germées, puis successivement dans celles, vernalisées pendant 30, puis 50 jours (température + 2°), qui présentaient alors un début de germination. Parallèlement, des analyses ont été effectuées sur des semences témoins ayant germé à

([1]) *Rev. Sc.*, 82, 1944, p. 374.
([2]) R. Dupéron, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 192-194.
([3]) J. Sechet, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 334-336.

la température de 18° et arrivées aux mêmes stades de développement que les semences vernalisées. Enfin, une partie des graines vernalisées 50 jours et des graines témoins amenées au même stade de développement ont poursuivi leur germination, en pleine terre, à la température de 10-18°; les jeunes plantules provenant de graines vernalisées et celles provenant de graines témoins, récoltées 7 jours après les semis, à la fin de la germination, ont été aussi analysées. Elles présentaient, dans les deux séries, une racine principale de 30 à 40^{mm} et des feuilles cotylédonaires vertes, étalées.

			Quantités de glucides (exprimées en mg de glucose) pour 500 individus.			
			Glucides solubles			Glucides insolubles
			réducteur libre.	réducteur des holosides et hétérosides.	réducteur des sucres solubles totaux.	réducteur après hydrolyse acide.
Germination des semences vernalisées.	Semences non germées		25	197	222	206
	Traitement (+ 2°)	vernalisées 30 jours (racine $4-8^{mm}$)	87	113	200	197
		vernalisées 50 jours (racine $8-12^{mm}$)	175	132	307	206
	Semis		–	–	–	–
	Après le traitement (10-18°)	plantules 7 jours après les semis (racine $30-40^{mm}$)	160	67	227	116
Germination des semences témoins.	Semences non germées		25	197	222	206
	+ 18°	germées 2 jours (racine $4-8^{mm}$)	57	154	211	180
		germées 3 jours (racine $8-12^{mm}$)	60	156	216	187
	Semis		–	–	–	–
	10-18°	plantules 7 jours après les semis (racine $30-40^{mm}$)	161	62	223	77

Résultats. — Les dosages des sucres solubles, par les méthodes classiques, ont montré l'existence dans les semences de radis, à côté d'une faible quantité de sucre réducteur libre, d'un ou plusieurs holosides tributaires de l'invertine et d'hétérosides hydrolysables par la myrosinase, Les glucides insolubles, qui ne comportent pas d'amidon, ont été dosés par hydrolyse sulfurique de la substance insoluble dans l'alcool.

Dès le début de la germination, la quantité de sucre réducteur libre augmente dans les deux séries, vernalisée et témoin. Cet accroissement est beaucoup plus important chez les semences soumises aux effets du froid, les graines vernalisées

contenant à la fin du traitement (50 jours) trois fois plus de sucre réducteur que les semences témoins. Ce sucre réducteur libre peut provenir, au début du traitement, de l'hydrolyse partielle des glucides solubles non réducteurs (holosides, hétérosides); cependant, la forte quantité accumulée à la fin du traitement (50 jours) doit avoir une autre origine puisque l'ensemble du contingent glucidique soluble augmente parallèlement. On ne saurait rechercher cette origine dans les glucides insolubles, la quantité de ces substances restant sensiblement constante durant tout le traitement. L'étude des lipides apportera, peut-être, quelques précisions à ce sujet.

Après le traitement par le froid, au début du développement de l'appareil chlorophyllien, les plantules vernalisées conservent sensiblement leur forte quantité de sucre réducteur libre, mais s'appauvrissent en glucides solubles non réducteurs et en glucides insolubles. Un appauvrissement analogue s'observe chez les plantules témoins, mais ces dernières s'enrichissent corrélativement en sucre réducteur libre dont la quantité égale alors celle des plantules printanisées.

Ainsi, à cette phase finale de la germination, la composition glucidique des plantules est très sensiblement la même dans les deux séries.

En résumé, les semences de radis vernalisées contiennent, *à la fin du traitement* par le froid, plus de glucides solubles que les semences témoins. Ces différences ne persistent pas après la vernalisation; ainsi, au début du développement de l'appareil chlorophyllien, les jeunes plantules provenant de semences vernalisées ont une composition en glucides qui ne diffère plus de celle des plantules témoins.

PHYSIOLOGIE DE LA NUTRITION. — *Influence de la cystine alimentaire sur la régénération de la fourrure et la composition des poils du Rat blanc.* Note (*) de MM. **Raymond Jacquot** et **Viswanatha Mahadevan**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le taux de cystine alimentaire influence-t-il ou non la pousse des poils et leur composition? Cette question a déjà attiré l'attention des chercheurs, mais leurs conclusions ne sont pas toujours cohérentes. Pour notre part, nous nous sommes efforcés d'obtenir des résultats non équivoques en réalisant des expériences dans lesquelles la cystine était la seule variable à l'exclusion de facteurs vitaminiques ou minéraux. Nous utilisons des régimes à teneurs protidiques différentes, complémentés ou non en extra-cystine. Le régime énergétique a la composition suivante : amidon de maïs 79 %, huile végétale 10 %, extrait de malt 4 %, mélange salin 5 %, lactate de calcium 1 %, mélange vitaminique 1 %. Ce dernier comprend en quantités optima les vitamines

(*) Séance du 2 novembre 1949.

suivantes : aneurine, riboflavine, niacine, pyridoxine, pantothénate de Ca, acides folique et *p*-aminobenzoïque, biotine, choline, inositol, vitamines A, D, E et K. A partir de la ration de base on prépare les régimes suivants :

Lots	1.	1 *bis*.	2.	2 *bis*.	3.	3 *bis*.
Régime de base	100	99	95	94	90	89
Cystine	0	1	0	1	0	1
Caséine	0	0	5	5	10	10

Les essais portent sur des Rats blancs de souche Commentry, pesant environ 200g et maintenus à température constante (25°). Ceux-ci sont d'abord intégralement tondus et leur fourrure pesée et analysée. Puis on les place aux régimes précédemment décrits. Après 45 jours, ils sont à nouveau soumis à la tonte complète. La comparaison entre le poids de la première et de la deuxième tonte permet d'évaluer le pourcentage de réfection. Le dosage microbiologique des aminoacides, évalués sur la base de 16 % d'azote, renseigne sur la composition des poils.

Voici quelques résultats moyens (lots de 3 à 4 rats) :

Régimes.	Variation du poids vif (g).	Pourcentage de régénération de la la fourrure.	Composition des poils de la 2e tonte en % N total.	Cystine.	Méthionine.	Lysine.
Sans azote	−33	6	13,1	7,92	0,67	3,17
Id. + 1 % cystine	−27	25	13,3	11,67	0,73	3,85
5 % caséine	+ 7	41	14,8	10,75	0,77	3,55
Id. + 1 % cystine	+23	74	14,2	11,85	0,75	3,39
10 % caséine	+14	81	14,3	10,92	0,79	3,57
Id. + 1 % cystine	+30	90	14,5	12,12	0,75	3,63

Ces chiffres mettent en évidence l'influence de l'apport azoté global sur la pousse du poil ; celle-ci est d'autant plus marquée que le régime est plus riche en azote. Mais ils soulignent surtout le rôle propre joué par la cystine : dans tous les cas et quelle que soit la teneur de l'aliment en protides, l'addition d'extra-cystine au régime améliore nettement la réfection de la fourrure. Le fait prend toute sa signification dans le cas d'une alimentation sans azote : l'extra-cystine accroît la régénération de la fourrure, alors que le bilan azoté demeure fortement négatif comme l'indiquent les chutes de poids de même ordre dans les lots 1 et 1 *bis*. Nous retrouvons ici le fait déjà signalé par l'un de nous (¹), à savoir que des formes azotées incapables de satisfaire le besoin global peuvent néanmoins être utilisées à des fins particulières. D'autre part, on voit qu'un supplément alimentaire de cystine augmente la richesse des

(¹) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 371.

poils de Rat en cet aminoacide, alors que les teneurs en méthionine et en lysine demeurent constantes.

Il nous paraît intéressant de rapprocher ces résultats d'observations faites sur la laine. Nous avons eu en effet l'occasion de doser la cystine, la méthionine et la lysine dans des laines de valeur marchande très différente : laines de qualité provenant de troupeaux sélectionnés, laines dites jarreuses. Voici les résultats :

Laines de qualité.	Cystine (%).	Méthionine (%)	Lysine (%).	N total (%).
Mérinos du Chatillonais........	9,5	0,58	3,2	15,22
Ile-de-France..................	9,4	0,57	3,1	15,22
Berrichon du Cher............	11,1	0,56	3,9	15,57
Mérinos d'Arbs...............	11,1	0,54	3,5	15,4
Solognote....................	9,9	0,53	3,2	15,05
Laines jarreuses.				
N° 1........................	3,52	0,54	3,22	13,65
N° 2........................	5,44	0,48	3,16	14,7
N° 3........................	4,92	0,52	3,28	13,65
N° 4........................	5,39	0,52	3,46	13,65

Les teneurs en lysine et méthionine demeurent strictement constantes dans tous les échantillons analysés. Par contre, les laines jarreuses contiennent beaucoup moins de cystine que les laines de qualité.

Conclusions. — L'enrichissement du régime en cystine améliore chez le Rat la régénération de la fourrure. Cet acide aminé, bien que non indispensable, joue ici le rôle de facteur limitant, tant au niveau de la dépense endogène spécifique qu'avec une alimentation azotée. Avec tous les régimes étudiés, les teneurs du poil en méthionine et en lysine demeurent pratiquement constantes, alors que le taux de cystine varie en fonction de la richesse de la ration en cet aminoacide. Transposées au Mouton et confirmées, ces données présenteraient un intérêt pratique certain, puisqu'il semble exister une relation entre la valeur marchande d'une laine et sa teneur en cystine.

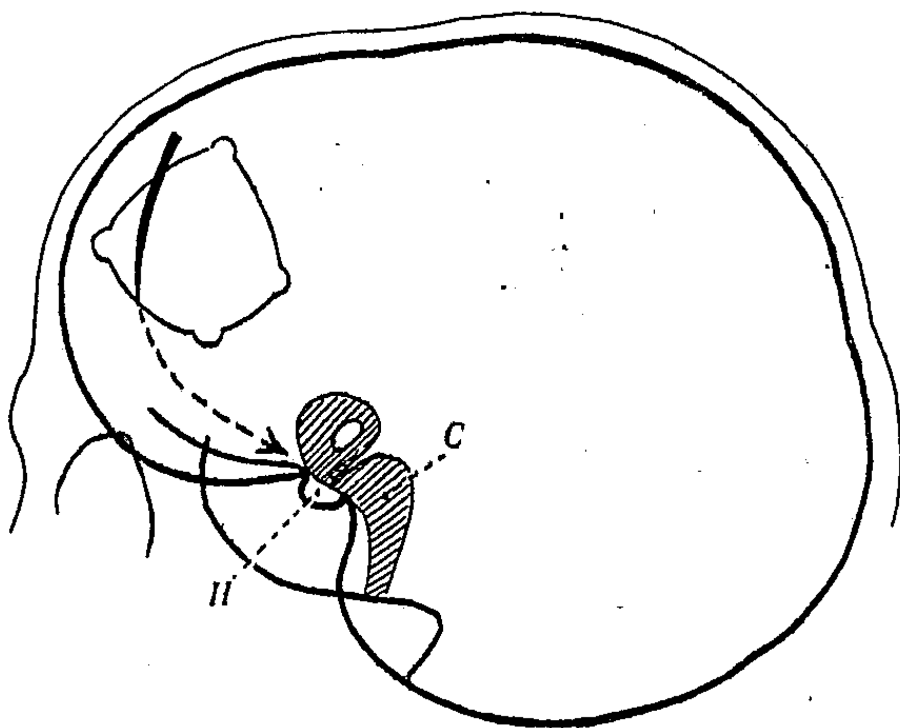
PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Action psychophysiologique de la cysternotomie optochiasmatique dans les troubles du développement de l'enfance.* Note de MM. **André Soulairac**, **Pierre Desclaux** et **Pierre Puech**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

De nombreuses recherches expérimentales ont souligné l'importance capitale de la région hypothalamo-hypophysaire dans les comportements fondamentaux.

Les interventions pratiquées dans cette région, en provoquant soit une excitation, soit une destruction, donnent des réponses physiologiques et psychophysiologiques particulièrement importantes. Il suffit de rappeler les travaux récents sur le rôle de l'hypothalamus

dans la régulation de l'appétit et la production d'obésité. Comme l'ont montré Brobeck Tepperman et Long ([1]), Soulairac ([2]) et Brooks ([3]), la destruction de certains noyaux d l'hypothalamus antérieur du Rat entraîne une augmentation très marquée de l'appétit avec production d'obésité considérable. Brookhart, Dey et Ranson ([4]) ont également mis en évidence que la destruction des noyaux hypothalamiques chez le Cobaye est susceptible d'abolir le comportement sexuel mâle et femelle. Les interventions sur la région hypothalamique amènent des retentissements importants sur le fonctionnement hypophysaire, comme le montrent entre autres les modifications de la régulation des hydrates de carbone. Enfin les travaux de Hess ont souligné l'importance de l'hypothalamus dans les mécanismes de régulation émotionnelle, Ces travaux ont été repris par l'école américaine et précisés chez l'animal. Des faits analogues ont été observés chez l'Homme, notamment par Fœrster et Gagel.

Le développement de la technique neuro-chirurgicale a permis de constater, chez l'Homme, l'importance de cette région hypothalamo-hypophysaire et le retentissement de ses troubles, tant sur les grandes fonctions physiologiques que sur les processus de comportements fondamentaux. L'existence de dilatation dans certains espaces sous-arachnoïdiens (citerne opto-chiasmatique) chez des enfants atteints d'idiotie et de troubles somatiques concomitants, nous a incités à libérer cette hydrocéphalie localisée. Cette intervention nous a donné des résultats intéressants à rapprocher des expériences physiologiques.



La technique de l'intervention elle-même (*cysternotomie*) est schématisée dans le dessin ci-dessus. En grisaille est représentée la dilatation de la citerne chiasmatique (C) et la flèche indique à la fois la voie d'accès (latéro-frontale)

([1]) *Yale J. Biol. Med.*, 15, 1943, p. 831-853.
([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 757-760.
([3]) C. Mc C. Brooks, D. N. Marine et E. F. Lambert, *Ann. J. Physiol.*, 147, 1946, p. 717-726.
([4]) *Endocrinol.*, 28, 1941, p. 561-565.

et l'endroit où se pratique l'incision du kyste hydrocéphalique. En H, est indiquée la selle turcique.

L'ensemble des résultats obtenus montre, dans certains éléments, une action indiscutable des centres de la base du cerveau.

1° Au point de vue physiologique : dans certains cas, il existe, après l'intervention, une reprise de l'appétit contrastant nettement avec l'état antérieur. Dans certains cas, sans qu'il y ait cette modification, on constate d'importantes croissances pondérales, allant jusqu'à 10^{kg} en un an. Plus rarement, on observe des croissances staturales de type harmonieux. Dans le domaine sexuel, il y a chez les fillettes pubères une régulation de la menstruation ; chez d'autres, sont apparus certains caractères sexuels secondaires encore absents.

2° Au point de vue psychologique, l'effet le plus notable consiste, dans 7 cas sur 10, en une apparition de tendances affectives jusque-là non encore développées, en même temps que des réactions adaptées à l'environnement. Ces modifications entraînent des possibilités de récupération et d'apprentissage chez des sujets jusqu'alors inéducables. En outre, une amélioration des réponses aux différents tests intellectuels permet de considérer qu'il se produit, dans certains cas, une élévation du niveau mental.

Le bilan physiologique de ces résultats évoque, à n'en point douter, les modifications expérimentalement obtenues chez l'animal à la suite d'interventions hypothalamo-hypophysaires. Quant aux modifications du comportement lui-même, de trop nombreux facteurs (traumatisme opératoire, modifications de l'hydrodynamique céphalo-rachidienne, actions neurovasculaires) interdisent d'envisager une action aussi univoque.

BIOLOGIE. — *Présence d'une agglutinine anti-*Gallus *dans certains sangs humains.* Note de M[lle] **Andrée Tétry**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La complexité de la composition intime du sang s'affirme de plus en plus ; la découverte récente du système *Rhesus* et de plusieurs antigènes globulaires (*Lutheran*, *Levay*, *Kell*, *Lewis*, *Si*, *Jobbins*, *L.*, *Ken.*etc,) en constitue une preuve évidente.

J'ai commencé une étude sur les propriétés agglutinantes des sérums humains à l'égard des globules rouges d'animaux. Les essais relatés dans cette Note intéressent les hématies de Poules. Dans une première série d'expériences, 160 sérums humains, appartenant aux quatre groupes classiques, furent mis en contact avec des suspensions globulaires à 10 % de différentes races de Poules (Bresse bleue, Leghorn dorée, Wyandotte, Mille-fleurs, Leghorn blanche, Sebright argenté).

Les réactions se font à la température du laboratoire sur plaque opaline ; une goutte de sérum humain, puis une goutte de suspension globulaire sont déposées sur la plaque ; le mélange des gouttes s'effectue avec une baguette de verre ; on agite légèrement la plaque pour favoriser le mélange.

TABLEAU I.

Suspension globulaire des Leghorn dorées (n^os^).	Nombre de sérums humains examinés.	Agglutination nombre absolu et global.	(%).	faible nombre absolu.	faible (%).	moyenne nombre absolu.	moyenne (%).	forte nombre absolu.	forte (%).
1	977	97	9,92	80	8,18	13	1,33	4	0,40
2	977	125	12,79	63	6,44	36	3,68	26	2,66
3	977	110	11,25	56	5,73	30	3,07	24	2,45
4	901	112	12,43	65	7,21	25	2,77	22	2,44
5	977	129	13,20	54	5,52	44	4,50	31	3,17
6	901	102	11,32	67	7,43	26	2,88	9	0,99
7	901	101	11,20	83	9,21	15	1,66	3	0,33
8	977	124	12,69	47	4,81	39	3,98	38	3,88
9	977	115	11,76	76	7,77	19	1,94	20	2,04

TABLEAU II.

Suspension globulaire des Leghorn dorées. Nos.	Pour 100 global d'agglutination avec 302 sérums A.	96 sérums B.	40 sérums AB.	339 sérums O.
1	8,27	8,33	15	10,76
2	10,59	11,45	17,5	13,91
3	9,93	10,41	17,5	11,65
4	14,01 (*)	8,79 (*)	16,21 (*)	11,98 (*)
5	10,59	11,45	17,5	14,65
6	9,46 (*)	9,89 (*)	13,51 (*)	12,37 (*)
7	9,84 (*)	7,69 (*)	16,21 (*)	12,18 (*)
8	10,59	11,45	15	13,91
9	10,59	11,11	17,5	12,24

TABLEAU III.

Suspension globulaire des Leghorn dorées. Nos.	Pour 100 d'agglutination forte avec 302 sérums A.	96 sérums B.	40 sérums AB.	339 sérums O.
1	0,33	1,04	0	0,37
2	2,31	2,08	5	2,78
3	2,31	1,04	2,5	2,78
4	1,89 (*)	2,19 (*)	5,40 (*)	2,57 (*)
5	2,64	4,16	5	3,15
6	1,13 (*)	0 (*)	0 (*)	1,17 (*)
7	0,37 (*)	1,09 (*)	0 (*)	0,19 (*)
8	3,31	4,16	5	4,08
9	2,64	1,04	0	2,04

(*) Pourcentages établis avec 264 sérums A, 91 sérums B, 37 sérums AB, 509 sérums O.

De ces analyses préliminaires, ressortent deux faits qui ont orienté les recherches ultérieures : 1° les hématies de l'Oiseau sont parfois agglutinées, 2° les agglutinations varient avec les races. Les agglutinations les plus fréquentes étant obtenues avec la Leghorn dorée, je me suis bornée tout d'abord à l'examen systématique de cette race.

Les résultats essentiels sont résumés dans les trois tableaux ci-contre ([1]).

Le tableau I indique le pourcentage global d'agglutination avec les hématies des 9 Leghorn dorées; en moyenne 10 à 13 % des sérums humains agglutinant les hématies de Leghorn dorées sont anti-*Gallus*. Ces agglutinations se répartissent en trois catégories d'après leur intensité et leur rapidité : agglutination faible (légers agglutinats apparaissant lentement, en quelques minutes), agglutination moyenne (agglutinats plus gros, de formation plus rapide), agglutination forte (agglutinats très nets et apparaissant en une ou quelques secondes). Les taux des agglutinations fortes, nettement inférieurs à ceux des agglutinations moyenne et faible, révèle une variation sensible dans le comportement des Poules.

La présence d'une agglutinine humaine anti-*Gallus* ne semble pas solidaire de la nature des groupes sanguins, AB, B, AB, O, ainsi que le montre le tableau II; cependant le pourcentage global d'agglutination avec les sérums AB est supérieur aux autres. On pouvait supposer qu'il en serait de même pour le pourcentage des agglutinations fortes; le tableau III ne permet pas de tirer une conclusion, les chiffres un peu faibles et irréguliers réclament une nouvelle étude.

Il reste à savoir : 1° si l'antigène en question est un antigène propre à la race Leghorn dorées ou s'il représente un caractère individuel; 2° si la présence de l'agglutinine humaine anti-*Gallus* est un caractère héréditaire et dans l'affirmative quel est son mode de transmission.

BIOLOGIE. — *Sur la reproduction sexuée chez* Lineus sanguineus (Lineus ruber β). Note de M[lle] **Marie Gontcharoff**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons, dans un travail antérieur, décrit les modalités de la reproduction asexuée chez *Lineus ruber* β ([1]) et nous avons, à ce moment, suggéré que la reproduction asexuée, niée par Oxner mais dûment établie par nous, pourrait être le mode de reproduction normal de cette espèce.

([1]) L'analyse systématique portait sur : 1° 977 sérums humains comprenant 302 A, 96 B, 40 AB, 539 O et 6 suspensions globulaires de 6 Leghorn dorées (2 coqs, 2 poules, 2 chapons). 2° 901 sérums humains comprenant 264 A, 91 B, 37 AB, 509 O et 3 suspensions globulaires de 3 autres Leghorn dorées (un coq, une poule, un chapon).

([1]) *Bull. Biologique*, 75, fasc. 3, 1946.

Nous sommes en mesure, actuellement, d'apporter de nouvelles précisions. A cet effet, nous avons examiné pendant deux ans tous les exemplaires qu'il nous a été possible de nous procurer, provenant soit de la station de biologie marine de Roscoff (Manche), soit du Laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer (Méditerranée). Remarquons tout d'abord que le nom de *Lineus ruber* correspond non à une espèce définie, mais selon nous à un complexe d'espèces comprenant au moins quatre espèces distinctes, et c'est à l'une d'elles, particulièrement étudiée, que nous restituons le nom de *Lineus sanguineus* sous lequel elle a été signalée pour la première fois par J. Rathke (1799).

Chez *Lineus ruber*, proprement dit, la reproduction est sexuée; les sexes sont séparés; on peut y étudier, en période de reproduction, l'ovogenèse, la spermatogenèse, la ponte, la fécondation et l'éclosion des jeunes. La reproduction asexuée n'y existe pas.

Chez *Lineus sanguineus*, ni G. Schmidt, ni nous-même n'avons jamais pu observer de pontes.

En effet, les femelles reconnaissables comme telles, sont très rares, même en pleine période d'activité génitale (octobre-février), la plupart des animaux sont à l'état quiescent et l'on ne peut leur attribuer, même après une étude soignée des coupes, un sexe défini (les caractères sexuels secondaires n'existent pas). On observe quelquefois de jeunes ovocytes isolés n'évoluant guère, l'ovaire et le parenchyme étant envahis par une Grégarine (dont l'étude sera faite ailleurs). *Les rares œufs arrivés à maturité ne sont pas pondus, subissent sur place une involution et disparaissent.*

Les mâles se rencontrent plus fréquemment que les femelles, et si les ovaires régressent, les testicules, au contraire, occupent souvent la presque totalité de l'organisme. La spermatogenèse est vraisemblablement très rapide, car il est exceptionnel d'observer de jeunes éléments, spermatogonies ou spermatocytes; le plus souvent, le testicule est rempli de spermatozoïdes mûrs. Cette exaltation de l'activité génitale mâle n'est peut-être pas sans rapport avec la présence quasi constante d'Orthonectides dans le testicule et le parenchyme. Les Orthonectides ne parasitent que les mâles.

La reproduction sexuée, si elle existe, ne peut donc être qu'exceptionnelle. La multiplication asexuée est ainsi le mode normal de reproduction de cette espèce.

Le *Lineus sanguineus* par sa morphologie, sa biologie très particulière (régénération de la tête à n'importe quel niveau, reproduction asexuée, parasites spécifiques) est à notre avis une bonne espèce à disjoindre du complexe *Lineus ruber*.

BIOLOGIE. — *Première démonstration expérimentale d'un cycle abrégé chez les Trématodes digénétiques* (Plagiorchis brumpti *n. sp.*). Note de M[lle] **Alice Buttner**, présentée par M. Pierre-P Grassé.

La progenèse est, chez les Trématodes, un phénomène tantôt constant, tantôt accidentel; dans ce dernier cas, les métacercaires non progénétiques restent susceptibles, comme les progénétiques, de devenir adultes chez un hôte définitif. De nombreux auteurs ont observé ces métacercaires particulières; quelques-uns les ont identifiées, sur des bases morphologiques, à des espèces connues à l'état adulte; d'autres ont estimé que les formes trouvées par eux étaient déjà de véritables adultes.

La posssibilité d'un cycle abrégé a été évoquée par R. Ph. Dollfus (1929) (1). Pour justifier cette hypothèse, il eût fallu que les œufs des métacercaires fussent, soit immédiatement, soit après maturation, porteurs de miracidia susceptibles d'infester les Mollusques hôtes intermédiaires, ces Mollusques étant choisis parmi des animaux neufs.

Peu d'auteurs semblent s'être souciés de résoudre ce problème. Nous n'avons relevé dans notre bibliographie que deux essais infructueux tentés, l'un par E. Brumpt (1922, communication verbale), l'autre par Ch. Joyeux (1927), concernant l'évolution de *Ratzia joyeuxi* (E. Brumpt, 1922), chez *Discoglossus pictus*. Il nous faut mentionner une troisième tentative d'infestation de Mollusques par W. W. Crawford (1940) à partir de métacercaires progénétiques trouvées dans l'hémocœle d'un *Dytiscus*. L'auteur les identifie au genre *Allocreadium*. Il observe la pénétration des miracidia chez des *Pisidium* et trouve trois mois plus tard des rédies contenant des cercaires immatures chez l'un de ces Mollusques. L'auteur ne dit pas si les *Pisidium* qu'il a infestés étaient des animaux neufs. Or, ces animaux pris dans la nature pouvaient présenter spontanément une infestation tout à fait étrangère à celle à laquelle ils avaient été exposés expérimentalement.

Nous croyons avoir établi, pour la première fois, la démonstration expérimentale d'un cycle abrégé complet, de cercaire à cercaire, en partant d'un *Planorbis planorbis* (L.), provenant de la Station expérimentale de Richelieu (Indre-et-Loire). Ce Mollusque émettait des xiphidiocercaires de grande taille, s'enkystant dans 100 % des cas chez des têtards d'*Alytes obstetricans* (Laur.), indemnes de toute infestation parasitaire. Au bout de 15 jours, 50 % des métacercaires étaient déjà progénétiques; au bout de 30 jours, toutes contenaient des œufs embryonnés et certaines par centaines. En partant de ces œufs, qui éclosent dans 3 à 10 % des cas dans l'intestin des *Planorbis planorbis*, nous avons obtenu, au bout de 60 jours, l'infestation de 7 Planorbes neufs sur les 20 survivants d'un premier lot, soit une proportion de plus de 30 %. Dans la nature, ce parasitisme paraît rare, car il nous a fallu isoler plus de 150 Mollusques

(1) *Ann. de Parasitologie*, Vol. 7, p. 196-203, 1929.

de cette espèce pour trouver le sujet infesté qui a servi de point de départ à notre cycle expérimental.

La xiphidiocercaire émise est essentiellement gyrinophile; nous conservons la souche sur différents Batraciens : têtards d'*Alytes*, d'*Ambystoma mexicana*, jeunes *Xenopus lævis* et *Molge palmata*.

La métacercaire sortie de son kyste présente tous les caractères d'un Plagiorchiidæ. En raison de sa morphologie et de sa biologie très spéciale, elle nous a paru devoir constituer une espèce nouvelle : *Plagiorchis brumpti*. La tentative de la faire évoluer chez des Couleuvres n'a abouti qu'à une survivance de ce Trématode.

Une première expérience a été tentée chez *Natrix viperinus*. Après ingestion d'une trentaine de métacercaires de tous âges, l'animal est sacrifié au bout de 4 jours : à 4^{cm} du cloaque, l'intestin renferme 3 Vers en tous points semblables aux grandes métacercaires ingérées. Le reste du tube digestif est négatif, à l'exception de 2 kystes dégénérés dans l'intestin moyen. Une autre Couleuvre, *Natrix natrix* (L.), ingère 4 métacercaires progénétiques mûres et une vingtaine de jeunes kystes plus ou moins immatures, certains renfermant déjà quelques œufs. Sacrifiée 6 jours plus tard, elle montre, à quelques centimètres du cloaque, 4 grandes métacercaires libres; aucune trace des autres kystes n'est relevée dans le tube digestif, ni dans aucun organe. La Couleuvre ne paraît donc pas être ici une hôte définitif favorable, les métacercaires jeunes n'y achèvent pas leur maturation; les métacercaires mûres n'y acquièrent aucun caractère supplémentaire.

Nous pensons que ce Distome évolue normalement sans hôte définitif. S'agit-il d'une survivance d'un état primitif ou d'une régression du cycle à 3 hôtes intervenue secondairement? Il serait intéressant de voir si, dans les cas de progenèse accidentelle, les cycles abrégé et normal peuvent coexister.

Comment les Mollusques s'infestent-ils dans la nature ? Les kystes ne tombant pas spontanément, comme chez les Discoglosses infestés par *Ratzia joyeuxi* (E. Brumpt 1922), il se peut que la mort du têtard mette en liberté, lors de la décomposition des tissus, les œufs qui sont ingérés par les Mollusques; ceux-ci consomment en effet volontiers des fragments de têtard hachés. Il se peut aussi que le têtard soit mangé par un Vertébré prédateur, et que les œufs libérés, traversant passivement le tube digestif, soient évacués dans l'eau sans être altérés.

En dépit de leur abondance dans l'utérus, il n'y a jamais d'œufs dans le kyste. L'examen fait sur le frais semble montrer que l'orifice femelle n'est pas fonctionnel, car les œufs poussés vers l'extrémité utérine ne parviennent pas à sortir. Dans ces conditions, par quel processus l'activation des œufs va-t-elle se produire : par parthénogenèse, par autofécondation, l'orifice femelle étant précocement perméable et s'obturant par la suite, ou encore par le canal de Laurer, présent chez certains Plagiorchiidæ, mais que nous n'avons pu mettre en évidence, soit en raison de l'abondance des œufs, soit parce que ce canal n'existe pas? Nous espérons résoudre ce problème dans une étude ultérieure.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Utilisation du thiouracil pour évaluer le rôle et l'activité de la thyroïde larvaire chez les têtards de* Discoglossus pictus *Otth.* Note de M. **Michel Delsol**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Il a été établi que le thiouracil ralentissait considérablement l'évolution larvaire des têtards des Amphibiens anoures et singulièrement celle du Discoglosse ([1]), ([2]). Ceci permet d'aborder l'étude de deux points particuliers de la métamorphose des Batraciens : 1° à partir de quel stade le développement larvaire du Têtard est-il soumis au déterminisme thyroïdien? 2° à partir de quel stade la thyroïde du Têtard excrète-t-elle de la thyroxine ?

Rappelons tout d'abord que nous avons divisé le développement larvaire en 15 stades, de la ponte : stade O, à l'apparition des membres antérieurs : stade 15. D'autre part, les conditions d'élevage ont toujours été rigoureusement semblables : température à 23° et 5 animaux par litre d'eau; dose de thiouracil 1 °/₀₀.

Expérience I. — Une ponte fut portée à 23° dès l'éclosion, et des lots de 20 têtards furent prélevés dans cet élevage au moment où leur évolution les amenait aux stades morphologiques suivants : 3 (branchies externes, corps allongé), 6 (bourgeon de patte postérieure), 7 (bourgeon en forme de bâtonnet allongé), 8 (bourgeon coudé), 9 (bourgeon coudé et en palette), 10 (ébauche des doigts), 11 (doigts formés), 12 (formation des articulations tibio-tarsiennes et coxo-fémorales). A ces divers stades, les têtards étaient placés dans l'eau additionnée de thiouracil.

Les animaux ainsi traités poursuivent leur évolution pendant un certain temps, comme les témoins. Or, comme le montre le tableau ci-dessous, le stade auquel la métamorphose s'arrête n'est pas en rapport avec le stade de la mise en expérience.

Stades de la mise en expérience	3	6	7	8	9	10	11	12
Stades auxquels s'effectue l'arrêt de l'évolution	11	11	11	11	11,6	12,2	12,2	13,4

1. Si les animaux sont en expérience avant le stade 9, le blocage de la métamorphose a toujours lieu au stade 11.

2. Si les animaux sont mis en expérience à partir du stade 9, le blocage a lieu à des stades d'autant plus tardifs que le stade de la mise en expérience a été lui-même plus tardif. Cependant il a toujours lieu à un stade postérieur au stade 11.

Cette expérience s'interprète de la façon suivante :

Le développement larvaire du Batracien n'est soumis au déterminisme

([1]) H. M. Bruce et A. S. Parkes, *Proc. of. Royal Society*. Séries B., 134, 1947, p. 37.
([2]) M. Delsol, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 458.

thyroïdien qu'à partir de la fin du stade 11. Ceci est en accord avec les observations de Aron ([3]) et Etkin ([4]), qui considèrent que le déterminisme thyroïdien débute avec la période de croissance rapide des membres postérieurs.

Cependant dès le stade 9 au moins, la thyroïde contient de la thyroxine. Aussi lorsqu'on arrête par les antithyroïdiens la sécrétion glandulaire, entre les stades 9 et 11, la thyroxine résiduelle suffit à retarder le blocage de quelques étapes.

Expérience II. — L'étude histologique de la glande thyroïde d'animaux témoins a montré que la glande contient du colloïde dès le stade 6 ou 7. De même que Etkin ([4]), nous n'avons pas (sauf dans un cas) observé les phases typiques de l'évacuation que Aron ([3]) a décrites chez *Rana temporaria*. L'accumulation de la thyroxine et son évacuation semblent s'effectuer en même temps et dès l'apparition du colloïde. L'évolution glandulaire des stades 6 à 15 est seulement caractérisée par une augmentation progressive de la quantité de colloïde. Cependant là encore, le thiouracil permet de préciser à partir de quel stade la thyroïde commence à excréter le produit.

On sait, en effet, que les antithyroïdiens provoquent des modifications histologiques considérables dans la glande thyroïde. Celle-ci acquiert en leur présence le type hypersécrétoire. Ces modifications apparaissent souvent, et c'est le cas chez le Discoglosse, 48 heures après l'action du produit.

Nous avons placé des têtards dans la solution de thiouracil au stade 3 et au stade 5. Nous avons vu que, dans ces conditions, les animaux poursuivent leur évolution normale jusqu'au stade 11. Nous avons étudié la thyroïde des animaux traités aux stades 6, 7, 8, 9, 10 et 11. Cette étude a montré que le type hypersécrétoire apparaissait dès le stade 8 parfois au stade 9.

Nous pouvons donc conclure que l'excrétion de la thyroxine commence au moins aux stades 8 ou 9, c'est-à-dire, d'une part, peu de temps après l'apparition du colloïde dans la glande, d'autre part, plusieurs stades avant celui auquel le déroulement embryologique est soumis au déterminisme thyroïdien, ce qui confirme les conclusions de la première expérience.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilité différentielle au thiouracil des diverses régions du plumage de la race Faverolles saumonée.* Note de M. **René Péro**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le thiouracil se comporte comme un inhibiteur de l'activité thyroïdienne. Nous avons étudié ([1]) l'effet de ce produit sur le plumage de la race Fave-

([3]) *Bull. Biol. France et Belgique*, 65, 1931, p. 438.

([4]) *Biol. Bull.*, 59, 1930, p. 285.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 866-867.

rolles saumonée en portant notre attention sur l'influence du mode d'administration. Nous avons signalé les modifications de la structure des plumes (régression des barbules le long des barbes) et de leur pigmentation (noircissement des zones claires) en rapport avec la périodicité des distributions.

Dans une nouvelle série d'expériences, nous avons étendu la période du traitement de la 5e à la 20e semaine et nous avons étudié séparément les réactions de chaque territoire de plumes. Les animaux ont reçu une dose constante de 60^{cg} de thiouracil par semaine :

Lot 1 : 6 doses quotidiennes de 10^{cg}; 1 jour de repos.
Lot 2 : 3 doses quotidiennes consécutives de 20^{cg}; 4 jours de repos.
Lot 3 : 2 doses de 30^{cg} séparées par 3 et 4 jours de repos.

Comme la consommation quotidienne moyenne de nourriture est passée pendant l'expérience de 40 à 120^{g} et le poids vif de 300 à 1200^{g}, l'animal s'est trouvé de cette manière soumis à des concentrations de plus en plus faibles de produit, variant de 0,2 à 0,07 % du poids de nourriture ingérée ou de 0,2 à 0,05 % du poids vif.

Nous avons étudié dans ces conditions les réactions du plumage en tenant compte du fait que, suivant le moment où elle commence à pousser et suivant le rythme de sa croissance, chaque plume se trouve subir pendant un temps variable l'action du produit, à des concentrations de plus en plus faibles.

Nous avons observé les faits suivants :

1° Il existe une concentration minimum du produit, voisine de 0,1 % du poids vif, au-dessous de laquelle la plume ne manifeste pas de réponse.

2° A des concentrations plus élevées (comprises entre 0,2 et 0,1 % du poids vif), nous avons observé, sur les plumes sensibles, les altérations de structure et de pigmentation que nous avons signalées avec les variantes suivantes pour chaque sexe : les mâles manifestent plus nettement les variations de la barbulation, les femelles les variations de pigmentation. Celles-ci se traduisent par une extension périodique du pigment noir en rapport avec le rythme des distributions à partir des régions où ce pigment est normalement présent dans la plume et par son apparition plus ou moins diffuse là où il n'existe pas naturellement.

Suivant la période du traitement pendant laquelle la plume a poussé, on observe ces altérations sur tout ou partie de sa surface avec une intensité qui dépend du territoire auquel la plume appartient.

Il existe, en effet, une sensibilité spécifique des différents territoires que nous avons classés de la manière suivante par ordre de sensibilité décroissante :

a. Pour les mâles. — Camail, lancettes, dos, scapulaires, dossier, poitrine, sus-alaires, rémiges.

b. Pour les femelles. — Camail, poitrine, rémiges, scapulaires, dos, lancettes, dossier, sus-alaires.

3° Nous avons remarqué enfin que l'action prolongée du thiouracil provoque, sur les plumes sensibles de l'un ou bien de l'autre sexe, une réduction de l'hyporachis en diminuant le nombre et la longueur des barbes et des barbules. Cette observation met en évidence l'existence d'un caractère sensible dont la manifestation nous paraît spécifique de l'action du produit.

BIOMÉTRIE. — *Sur une différence pondérale entre deux lignées consanguines de* Mus musculus. Note (*) de M. **Nicolas Kobozieff**, Mme **Nadine Pomriaskinsky-Kobozieff** et M. **Marcel-Paul Schützenberger**, transmise par M. Maurice Caullery.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avions décrit deux lignées consanguines de *Mus musculus* ne différant apparemment l'une de l'autre que par le poids. Nous avions montré que le poids à la naissance des souriceaux de la lignée *L* était régulièrement plus faible que celui des souriceaux de la lignée *P*. Nous avons effectué entre ces deux lignées les croisements suivants :

1° ♂ *L* × ♀ *P* (que nous désignerons par *LP*);

2° ♂ *P* × ♀ *L* (» » *PL*);

3° deuxième génération de *LP* (que nous désignerons par LP_2);

4° » » *PL* (» » PL_2);

et nous avons obtenu les résultats suivants sur un total de 293 portées, soit 1574 petits :

1. *Fécondité.* — On ne peut pas considérer que la fécondité de tous ces croisements soit la même : si on l'évalue par le nombre moyen de souriceaux par portée, l'hypothèse nulle est rejetée au niveau de 2 %, c'est-à-dire qu'il y a moins de deux chances pour cent pour que, dans l'ensemble, de semblables différences résultent seulement du hasard. Parmi les différences présentant un intérêt génétique, les différences suivantes sont significatives entre : *L* et *PL* (4,91-5,88); *LP* et LP_2 (4,96-6,09); *PL* et *LP* (5.88-4,96).

De cette dernière comparaison ressort nettement que la fécondité est plus liée à des facteurs génétiques qu'au volume de l'utérus de la mère, ce que confirme le calcul des différences *P* et *LP* (5,21-4,96) et *L* et *PL* (4,91-5,88).

2. *Poids à la naissance.* — Nous avons déjà montré que l'on ne pouvait valablement comparer les poids à la naissance des souriceaux qu'entre portées de même nombre de petits. Nous avons donc combiné les résultats des tests statistiques effectués sur les portées de 5, 6 et 7 petits, qui sont dans l'ensemble les plus fréquentes et nous avons obtenu les résultats suivants que nous ne feront qu'énoncer, sans entrer dans le détail des calculs qui les justifient :

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1267.

	Nombre de petits dans la portée..	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
P	Nombre de portées......	2	3	5	14	11	15	9	6	1	5,212*
	Poids moyen d'un petit..	2,40	1,68	2,12	1,75	1,46	1,74	1,68	1,62	1,78	1,756**
L	Nombre de portées......	1	4	9	17	15	12	6	3	3	4,914*
	Poids moyen d'un petit..	1,40	1,56	1,45	1,34	1,37	1,22	1,20	1,19	1,21	1,296**
LP	Nombre de portées......	1	3	5	1	4	7	5	2	–	4,964*
	Poids moyen d'un petit..	1,85	1,34	1,79	1,58	1,82	1,83	1,58	1,45	–	1,706**
PL	Nombre de portées......	–	–	1	4	7	10	7	2	1	5,875*
	Poids moyen d'un petit..	–	–	1,48	1,54	1,48	1,40	1,39	1,53	1,13	1,423**
LP_2	Nombre de portées......	–	–	5	4	6	10	11	5	4	6,084*
	Poids moyen d'un petit..	–	–	1,60	1,62	1,55	1,61	1,44	1,54	1,46	1,525**
PL_2	Nombre de portées......	–	1	4	6	14	15	9	3	–	5,481*
	Poids moyen d'un petit..	–	1,40	1,78	1,66	1,61	1,69	1,39	1,50	–	1,585**

* Nombre moyen de petits par portée.
** Poids moyen d'un petit.

1° Il existe une influence paternelle indiscutable dans le croisement *PL*, que met en valeur la comparaison entre *PL* et *L* ($1^g,43$-$1^g,30$).

2° Il existe une influence maternelle indiscutable que met particulièrement en valeur la comparaison entre *LP* et *PL* ($1^g,71$-$1^g,42$).

3° On peut supposer que l'*état lourd* domine l'*état léger*, d'après les deux comparaisons *P* et *LP* ($1^g,76$-$1^g,71$) et *L* et *PL* ($1^g,30$-$1^g,42$).

4° Enfin, il ne semble pas y avoir de ségrégation nette à la deuxième génération, car la variance du poids à l'intérieur d'une seule portée a les valeurs suivantes : *LP* : 0,46; *PL* : 0,19; LP_2 : 0,39; PL_2 : 0,41.

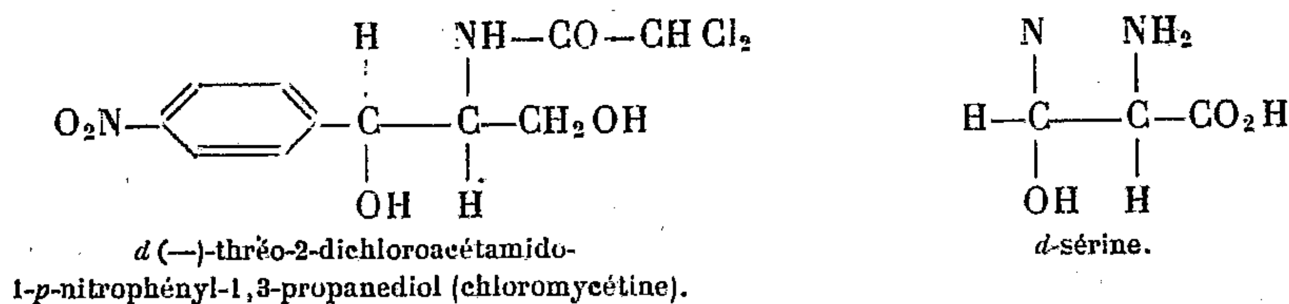
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Faits de synergie et d'antagonisme entre la chloromycétine et divers amino-acides vis-à-vis de cultures d'*E. Coli. Note (*) de MM. **Charles Mentzer**, **Paul Meunier** et Mme **Lucie Molho-Lacroix**, transmise par M. Maurice Javillier.

Bien que déjà très utilisée en clinique dans les infections à bacilles du groupe typhique ou coli, la *chloromycétine* n'a pas encore, à notre connaissance, été étudiée d'un point de vue proprement biochimique. On n'a pas notamment signalé jusqu'ici de métabolite auquel on puisse la rattacher comme *analogue structural*. Il nous a semblé qu'un rapprochement pouvait raisonnablement être suggéré entre cet antibiotique et la sérine. Un mémoire récent (1) permet même

(*) Séance du 2 janvier 1950.

(1) J. Controulis, M. C. Rebstock et H. M. Crooks, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2463-2468.

de préciser : la chloromycétine, produit de fermentation, appartient à la série de la *d*-sérine.



d (—)-thréo-2-dichloroacétamido-1-*p*-nitrophényl-1,3-propanediol (chloromycétine). *d*-sérine.

C'est ce rapprochement que nous allons justifier.

Peu de temps avant l'identification stéréochimique que nous venons de mentionner, B. D. Davis et W. K. Maas (²) ont précisément montré que la *d*-sérine seule retarde notablement la croissance de E. Coli, à partir de 5 γ/cm³ du milieu de culture, tandis que la *l*-sérine est inactive, même à 200 γ/cm³. D'intéressants faits d'antagonisme ou de synergie avaient été établis en même temps par ces auteurs entre la *d*-sérine et divers acides aminés naturels. C'est ainsi que l'acide *l*-aspartique, bien que non inhibiteur par lui-même, augmente l'inhibition de E. Coli par la *d*-sérine, à partir de 2 γ/cm³. Au contraire, l'effet inhibiteur de cette dernière est complètement supprimé par le glycocolle ou la *dl*-alanine, à concentration voisine de celle de la sérine.

Aux concentrations plus faibles, l'antagonisme est seulement partiel. Enfin les autres acides aminés naturels sont ou très légèrement antagonistes de la *d*-sérine, ou indifférents, comme la *l*-sérine elle-même.

Nous avons retrouvé ces faits avec la *dl*-sérine et en suivant d'une manière précise le développement d'une culture de *E. Coli* (souche Monod), par opacimétrie. La solution nutritive (³) est placée dans des fioles coniques de 125$^{cm^3}$, munies chacune d'une cuve à faces parallèles de 1^{cm} d'épaisseur soudées latéralement (⁴). Les produits essayés sont ajoutés en solution aqueuse et les fioles d'observation sont placées à 34°, dès l'ensemencement. Dans ces conditions, la substitution à la *dl*-sérine de la chloromycétine (⁵) détermine un retard de la culture dès la concentration de 10^{-7}. Le mélange avec 2.10^{-4} de *dl*-sérine, elle-même déjà nettement inhibitrice, retarde de près de deux jours le développement de la culture. Quant à l'acide *l*-aspartique, qui à la dose de 4.10^{-5} est seulement légèrement retardant, il exalte très fortement, à la même concentration, l'effet inhibiteur de la chloromycétine à 5.10^{-7} (*fig.* 1). Enfin, le glycocolle qui seul, à 4.10^{-5} exerce un effet très légèrement retardant sur

(²) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1865.

(³) A. Lwoff et A. Querido, *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 1039.

(⁴) Ces fioles spéciales dues à Y. Raoul ont été utilisées pour la première fois par Mlle A. Vinet, M. P. Meunier et Mlle J. Monfrais, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 28, 1946, p. 300-304.

(5) Il s'agit de la chloromycétine américaine fournie aux Hôpitaux français.

E. Coli, se conduit à cette dilution comme un antagoniste partiel de la chloromycétine elle-même à la concentration de 5.10^{-7} (*fig.* 2).

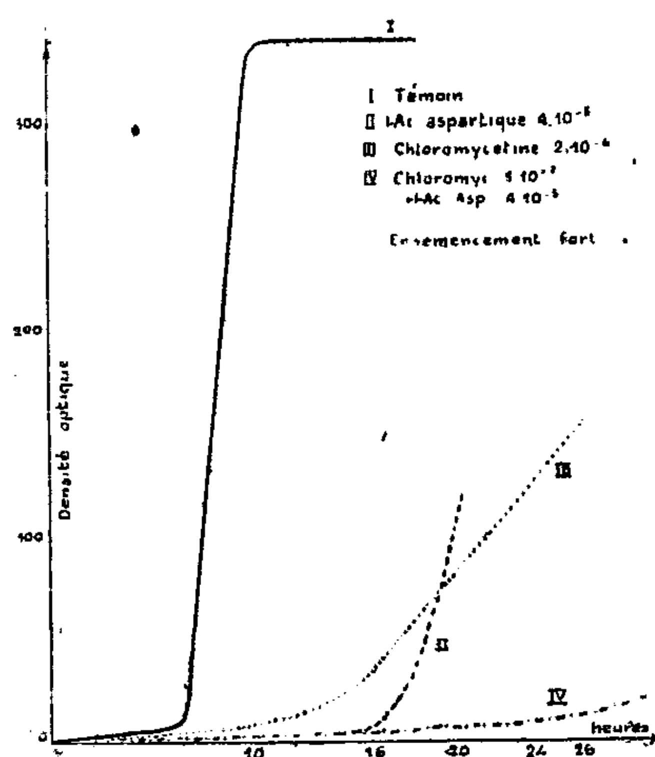


Fig. 1.

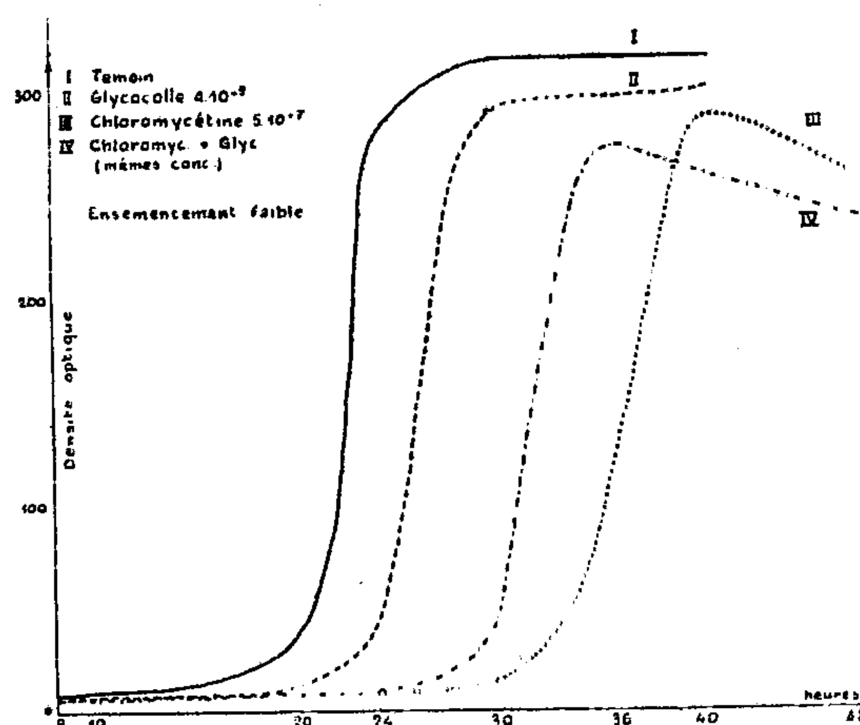
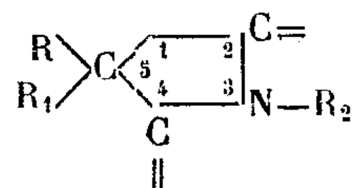


Fig. 2.

Ainsi dans ces expériences, la chloromycétine a donné lieu aux mêmes faits de synergie et d'antagonisme vis-à-vis de divers acides aminés que la *d*-sérine elle-même. Cette parenté des réponses de *E. Coli* est d'accord avec le rattachement de la chloromycétine à la série de la *d*-sérine. L'étude biochimique de composés de complexité croissante entre la sérine et la chloromycétine, notamment de la phényl-sérine, est actuellement en cours.

PHARMACOLOGIE. — *Action anticonvulsivante et structure moléculaire de quelques composés hétérocycliques pentagonaux.* VII. *Influence de la méthylation sur l'azote.* Note de MM. **René Hazard**, **Jean Cheymol**, **Pierre Chabrier** et Mlle **Klaudia Smarzewska**, transmise par M. Léon Binet.

Sur le squelette fondamental



qui est à la fois celui des hydantoïnes, des thiazolidines, des dithiohydantoïnes et des oxazolidines, nous avons étudié successivement l'influence de l'isostérie dans le noyau sur les carbones 2 et 4 et des substitutions sur les sommets 3 et 5 (1).

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1850 et 2018; **227**, 1948, p. 312; **228**, 1949, p. 1762.

Parmi les dithiohydantoïnes dont nous avons montré l'intérêt anticonvulsivant, le dérivé diméthylé en 5-5 s'est révélé le plus actif ([2]). On connaît d'autre part des corps méthylés sur l'azote généralement en 3 ayant un effet thérapeutique sur le grand et le petit mal épileptique (mésantoïne, tridione, etc.). Ceci nous a conduits à comparer systématiquement sur la crise pentétrazolique du Lapin les dérivés diméthylés $R = R_1 = -CH_3$, $R_2 = -H$ et triméthylés $R = R_1 = R_2 = -CH_3$ dans les quatre séries envisagées ci-dessous. Nous avons rapproché ces résultats de ceux donnés par les diméthyl et triméthylmalonylurées.

Le tableau réunit la constitution des corps et le pourcentage de protection obtenu par 50 et 100^{mg} de produit par kilogramme d'animal contre la crise due au pentétrazol.

N° du corps.	Constitution.	Point de fusion (°C).	Crise cardiazolique : nombre d'animaux.	dose d'anticonvulsivant (mg/kg.)		protection (%).	
1	5.5-diméthyl 2-4 dioxooxazolidine.	75	34	50	100	28	69
11	3.5.5-triméthyl 2-4 »	143	19	50	100	40	40
12	5.5-méthyléthyl 2-4 »	143	11	50	100	16	20
13	3-méthyl 5-5 méthyléthyl 2-4 »	157	4	50		75	
3	5.5-diméthyl 2-4 dioxo 1 thiazolidine..........	145	11	50	100	20	66
15	3.5.5-triméthyl 2-4 »	159	4	50	100	0	0
6	5.5-diméthylhydantoïne........................	128	14	50	100	50	50
16	3.5.5-triméthylhydantoïne......................	142	20	50	100	10	20
7	5.5-diméthyl 2-4 dithiohydantoïne.............	160	39	50	100	100	100
30	1.5.5-triméthyl 2-4 »	115	17	50	100	40	71
35	5.5-diméthylmalonylurée.....................	278	6	25	50	50	50
36	3.5.5-triméthylmalonylurée.....................	195	6	25	50	0	50

Étudions l'activité comparée de ces différents corps :

1° *Dérivés non méthylés.* — L'ordre d'activité décroissante est (7), (1), (3), (6), (35). La diméthyl-dithiohydantoïne supprimant seule les crises dans 100 % des cas.

2° *Dérivés triméthylés.* — Le classement d'activité décroissante donne ici : (30), (11), (36), (16), (15). C'est encore le dérivé de la dithiohydantoïne qui est le plus actif. Mais il ne répond pas tout à fait aux données posées dans le début de la Note, la méthylation portant sur l'azote en 1 et non en 3. La 3-5-5 triméthyl-dithiohydantoïne n'a pu encore être obtenue.

3° *Dérivés di- et triméthylés.* — Comparés dans chaque série, les dérivés diméthylés s'avèrent plus actifs sur la crise pentétrazolique que les triméthylés

([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 736; 228, 1949, p. 958.

à deux exceptions près ① et ⑪ à 50 mg/kg où l'action est plus forte dans ⑪ que dans ① et pour ㊱ à 100^{mg} où l'action est semblable pour les deux [3].

Conclusion. — Dans leur opposition à la crise pentétrazolique chez le Lapin :

1° Les dérivés de la dithiohydantoïne se montrent les plus anticonvulsivants parmi les douze corps étudiés;

2° La méthylation à l'azote diminue ce pouvoir protecteur dans chaque série.

PHARMACOLOGIE. — *Propriétés anticurarisantes de quelques sels d'ammonium quaternaire dérivés d'aminophénols.* Note de M. **Albert Funke** et Mlle **France Depierre**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Depuis l'introduction des curares naturels et synthétiques en clinique, il est indispensable de posséder des corps susceptibles d'arrêter à volonté l'effet paralysant de ces poisons. Les antidotes classiques utilisés sont l'ésérine ou la prostigmine, peu maniables, car ils provoquent des effets secondaires marqués. Différents chercheurs [1] ont pensé améliorer l'activité de la prostigmine par augmentation du poids moléculaire des radicaux attachés, soit à l'atome d'azote basique, soit à la fonction ester carbamique, ou encore en alcoylant le noyau benzénique. Dans le même ordre d'idées, nous avons examiné un certain nombre d'éthers phénoliques gardant la fonction ammonium quaternaire de la prostigmine, mais ne possédant plus la fonction uréthane qui était considérée jusqu'à présent comme jouant un rôle déterminant dans les propriétés pharmacologiques de la molécule.

Nous rapportons dans cette Note les premiers résultats obtenus dans la série des bis-(aminophénoxy) alcanes. Les corps de cette série ont été synthétisés par la méthode suivante :

N-acétylation de l'aminophénol correspondant; condensation de 2^{mol} du dérivé acétylé avec 1^{mol} de dihalogénoalcane; désacétylation et alcoylation complète qui permet d'isoler d'emblée le produit cherché sous forme de sel d'ammonium quaternaire.

Les diiodométhylate de bis-(*p*-diméthylaminophénoxy) : -1.2-éthane (I), -1.3-propane (II), -1.4-butane (III) et -1.5-pentane (IV), manifestent chez le Chat des propriétés antagonistes intenses vis-à-vis de la curarisation provoquée aussi bien par le chlorhydrate de *d*-tubocurarine que par le tri-iodoéthylate de tri-(β-triéthylammonium-éthoxy)-1.2.3-benzène (2559 F).

---

(3) Le phénomène est inversé pour ⑫ et ⑬, homologues supérieurs de ① et, ⑪ ici c'est le dérivé trisubstitué le plus actif.

(1) J. A. Aeschlimann et A. Stempel, U. S. P. 2208482; Stevens et Beutel, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 308; Karr, *Federation Proc.*, 6, 1946, p. 184.

TABLEAU.

Action antagoniste des bis-(aminophénoxy) alcanes et de la prostigmine vis-à-vis de la curarisation provoquée chez le Chat chloralosé par le 2559 F (dose i. v. en mg/kg).

	Dérivés. I.		II.		III.		IV.		Prostigmine.	
1 DC.	–		0,050	(1)	–		–		0,050	(1)
2 DC.	0,200–0,500	(2)	0,100–0,200	(3)	0,400–0,500	(2)	0,400–0,600	(2)	2	(1)
5 DC.	5	(1)	2–4	(2)	pas d'antagonisme	(1)	5	(1)	7	(1)
10 DC.	pas d'antagonisme	(1)	pas d'antagonisme	(1)	pas d'antagonisme	(1)	pas d'antagonisme	(1)	pas d'antagonisme	(1)

Le sciatique est excité à l'aide du stimulateur de Lapicque à un rythme de 6 excitations par minute (DC = dose provoquant une diminution de 50 à 100 % de la hauteur initiale des contractions.)

(Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de chats utilisés.)

Nous avons pu mettre en évidence cette action décurarisante non seulement chez le Chat mais aussi dans les conditions décrites par Koppanyi et Vivo ([2]) chez le Lapin et la Souris.

On voit d'après le Tableau ci-dessus que l'action anticurare du dérivé (II) chez le Chat est au moins aussi intense que celle de la prostigmine. Chez la Souris, le dérivé (II), injecté préventivement, assure la protection de l'animal contre deux doses toxiques de *d*-tubocurarine. Le même dérivé présente l'avantage de ne pas nécessiter l'injection préalable d'atropine, indispensable dans le cas de la prostigmine. Enfin le rapport de la dose toxique à la dose active est de 2 pour la prostigmine et de 15 pour le dérivé (II).

Chez le Chien chloralosé et ventilé artificiellement, le même produit est beaucoup moins toxique que la prostigmine. En effet, avec celle-ci, dès la dose de 0,1-0,2 mg/kg, apparaît un bloc auriculo-ventriculaire suivi d'une bradycardie intense et durable qui nécessite l'administration d'atropine. Au contraire, on a pu injecter jusqu'à 50 mg/kg du dérivé (II) sans observer de modification importante du rythme cardiaque. Aux fortes doses on constate une hypotension moyenne et une légère salivation. Entre 10 et 15 mg/kg la respiration s'arrête et la transmission neuro-musculaire est interrompue; il s'agit vraisemblablement d'une action curarisante que Bovet et ses collaborateurs ([3])

([2]) *Science*, 100, 1944, p. 174.

([3]) D. Bovet, S. Courvoisier, R. Ducrot et R. Horclois, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1733.

ont déjà mise en évidence pour plusieurs termes de cette série. Chez le Chien, on constate, comme avec la prostigmine, une potentialisation de la bradycardie acétylcholinique. Ce phénomène est toutefois moins marqué et moins prolongé que dans le cas de la prostigmine. La potentialisation des effets de l'acétylcholine se retrouve sur la préparation du rectus isolé de la Grenouille.

Ces phénomènes de potentialisation sont vraisemblablement liés aux propriétés anticholinestérasiques de ce corps. En effet, *in vitro*, le dérivé (II) manifeste des propriétés inhibitrices intenses vis-à-vis de l'action, sur l'acétylcholine, de la cholinestérase des globules rouges du Chien.

De cette étude nous pouvons retenir les résultats importants suivants : certains anticurarisants de cette série sont au moins aussi actifs que la prostigmine, et le dérivé (II), dont les effets secondaires sont très atténués, possède un indice thérapeutique nettement plus favorable que celui de la prostigmine.

Ces faits nous incitent à poursuivre les recherches dans ce domaine.

PARASITOLOGIE. — *Leishmaniose canine autochtone en Bretagne.*
Note de MM. **Jean Guilhon** et **Georges Logé**, présentée par M. Émile Roubaud.

La leishmaniose canine, observée, pour la première fois, en 1912, sur la Côte d'Azur, a été considérée pendant longtemps, à juste titre, semble-t-il, comme une affection propre au littoral méditerranéen. Mais, depuis une quinzaine d'années, de nombreux chiens contaminés ont été dépistés dans diverses villes françaises : Paris et sa banlieue, Lyon, Toulouse, Montpellier, Nîmes, etc., toutes situées, sauf la capitale, à des distances relativement courtes des foyers leishmaniens français et étrangers. Ces malades, hormis quelques exceptions, ont séjourné, avec leurs maîtres, pendant une période variable, sur la Côte d'Azur, en Italie, en Afrique du Nord, en Espagne. Il est vraisemblable d'admettre que ces animaux ont été infectés par les hôtes vecteurs, dans les divers foyers méditerranéens et que les premiers symptômes sont apparus ultérieurement, à leur retour dans les différentes villes où ils résident, habituellement, la plus grande partie de l'année. Mais, à ces cas, d'ailleurs de plus en plus nombreux, il faut ajouter ceux qui peuvent être rapportés, en toute certitude, à des contaminations autochtones. La leishmaniose canine a, en effet, été diagnostiquée à Toulouse, à Montluçon, à Paris, sur des chiens qui sont nés et qui ont été élevés dans ces diverses villes, sans jamais les quitter.

A ces cas apparemment rares, fort heureusement, nous pouvons en ajouter un nouveau que nous avons observé dans une région située à l'opposé du littoral méditerranéen : la Bretagne. Dans cette partie du territoire français, la leishmaniose canine n'avait jamais été constatée. Le sujet sur lequel nous l'avons diagnostiquée est né, le 18 mai 1945, à la Baule-sur-Mer (Loire-

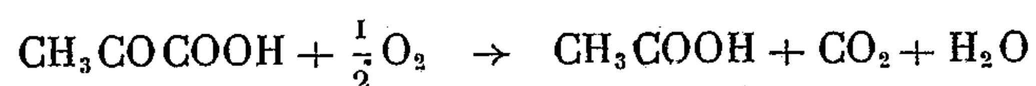
Inférieure). Il est resté dans cette ville environ une année et, jusqu'à sa mort, survenue le 14 novembre 1948, il a vécu, avec ses maîtres à Saint-Nazaire (Loire-Inférieure), située à 16^{km} de son lieu de naissance.

L'existence de ce nouveau cas de leishmaniose canine, observé sur un animal qui n'a jamais quitté la région, dans laquelle il a vécu pendant trois ans, oblige à admettre que la contamination s'est effectuée sur place. Il paraît possible d'envisager deux hypothèses pour l'expliquer. Ou bien, il existe un foyer leishmanien dans cette région sans qu'il ait jamais été dépisté, ce qui n'est pas impossible, mais peu probable; ou bien, la contamination s'est effectuée grâce à la présence, pendant un ou plusieurs étés, de chiens malades ou porteurs sains de leishmanies. Cette dernière éventualité nous paraît la plus plausible et la plus vraisemblable, puisque de nombreux chiens de luxe, qui séjournent dans les diverses stations balnéaires de la Côte d'Azur, viennent, aussi, avec leurs maîtres, effectuer des séjours à la Baule, pendant la belle saison.

En conclusion, nous avons observé un nouveau cas autochtone de leishmaniose canine, dans l'Ouest de la France, laissant supposer que cette affection s'étend dans notre pays grâce aux séjours des chiens de luxe dans les diverses stations climatiques.

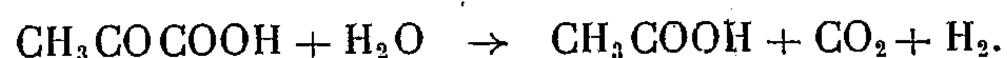
MICROBIOLOGIE. — *La dégradation du pyruvate de* Na *par des extraits enzymatiques de* Cl. sporogenes *et* Cl. saccharobutyricum : *une réaction phosphoroclastique*. Note (*) de M. **Bention Nisman**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une première Note ([1]) nous avons montré que les suspensions des deux bactéries anaérobies strictes : *Cl. sporogenes* et *Cl. saccharobutyricum* effectuent en aérobiose la dégradation du pyruvate conformément à la réaction globale :



$$CH_3COCOOH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + H_2O$$

alors qu'en anaérobiose la dégradation du pyruvate par les deux bactéries se fait conformément à l'équation suivante :



$$CH_3COCOOH + H_2O \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + H_2.$$

L'intervention de phosphate dans ces deux réactions était impossible à mettre en évidence avec les suspensions bactériennes.

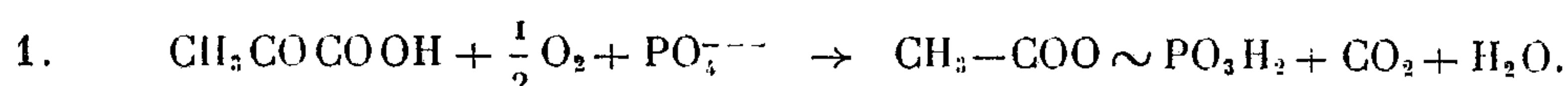
(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 633-635.

Des extraits enzymatiques que nous avons préparés par action des ultrasons (²) sur des suspensions de *Cl. sporogenes* et *Cl. saccharobutyricum* présentent la propriété de dégrader le pyruvate en aérobiose comme en anaérobiose. Dans les deux cas nous avons mis en évidence par la méthode très spécifique de Lipmann et Tuttle (³) la formation de grandes quantités *d'acétyl-phosphate*. Nos expériences montrent sans équivoque que :

1° Les deux réactions de dégradation du pyruvate sont phosphoroclastiques et doivent s'écrire :

Aérobiose :



1. $CH_3COCOOH + \frac{1}{2}O_2 + PO_4^{---} \rightarrow CH_3-COO \sim PO_3H_2 + CO_2 + H_2O.$

Anaérobiose :



2. $CH_3COCOOH + PO_4^{---} \rightarrow CH_3COO \sim PO_3H_2 + CO_2 + H_2.$

2° La réaction 1 se rapproche de celle démontrée par Lipmann (⁴) pour *Lactobacillus delbrueckii*, à la seule différence qu'il ne se forme pas de l'eau oxygénée dans le cas des anaérobies. Cependant qu'en anaérobiose le type de dégradation du pyruvate avec les extraits de *Cl. saccharobutyricum* et *Cl. sporogenes* est identique à celui décrit par Kœpsell et Johnson (⁵) pour les extraits de *Cl. acétobutylicum*.

3° L'acétyl-phosphatase qui décompose l'acétyl-phosphate dans les bactéries étant détruite par l'action des ultrasons, l'ester phosphorylé peut s'accumuler dans la dégradation du pyruvate par les extraits enzymatiques.

Formation d'acétyl-phosphate à partir du pyruvate avec les extraits de Cl. sporogenes *et* Cl. saccharobutyricum.

Aérobiose (μ moles).

	Substrat. Quantité initiale.	Substrat. Consommé.	Acétyl-phosphate formé.	O_2 consommé.
Cl. spor	50	50	15	22,5
Témoin	0	0	0	0,5
Cl. sacch	50	50	25	22
Témoin	0	0	0	0,8

(²) La méthode de préparation des extraits ainsi que les détails expérimentaux seront publiés dans un prochain Mémoire aux *Annales de l'Institut Pasteur*.

(³) *J. biol. Chem.*, 159, 1945, p. 21.

(⁴) *Symp. quant. Biol.*, 7, 1939, p. 248 et *J. Biol. Chem.*, 155, 1944, p. 55.

(⁵) *J. Biol. Chem.*, 145, 1942, p. 379.

Chaque cupule de Warburg contient le substrat dans du tampon phosphate M/15, pH 7,2 + 1^{ml} extrait enzymatique. Volume total 2^{ml}. Dans la partie centrale 0^{ml},2 KOH à 10 %. Durée de l'expérience : 30 minutes. Phase gazeuse : air. Temps : 30 minutes.

Anaérobiose.

	Substrat.				Substrat.		
	Quantité initiale.	Consommé.	Acétyl-phosphate formé.		Quantité initiale.	Consommé.	Acétyl-phosphate formé.
Cl. spor....	100	100	20	*Cl. sacch*....	100	100	18
Témoin	0	0	0	Témoin	0	0	0

(1^{ml} extrait + 1^{ml} tampon phosphate + substrat. Volume total : 5^{ml}. Le mélange réactionnel est agité à 37° dans le vide pendant 30 minutes.)

A 16^{h}20^{m} l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}45^{m}.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 14 décembre 1949.)

Note présentée le même jour, de MM. *Buu-Hoï* et *Ng. H. Khôi*, Sur un isomère *méta* de la chloromycétine :

Page 1344, 3e ligne en remontant, *au lieu de* 153°, *lire* 135°.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1949.

Physiologie de l'insecte, par RÉMY CHAUVIN. Paris, Ministère de l'Agriculture. Institut national de la recherche agronomique, 1949; 1 vol. 24^{cm},5 (présenté par M. P.-P. Grassé).

Annuaire pour l'an 1950, publié par le BUREAU DES LONGITUDES avec un *supplément pour l'an* 1951. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 19^{cm}.

Leçons sur les constructions géométriques professées au Collège de France en 1940-1941, par HENRI LEBESGUE. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 25^{cm},5.

Cahiers scientifiques publiés sous la direction de M. GASTON JULIA. Fasc. 1. *Leçons sur quelques types simples d'équations aux dérivées partielles avec des applications à la physique mathématique*, par ÉMILE PICARD. Fasc. 3. *Leçons sur quelques équations fonctionnelles avec des applications à divers problèmes d'analyse et de physique mathématique*, par ÉMILE PICARD, rédigées par EUGÈNE BLANC. Fasc. 8. *Leçons sur la représentation conforme des aires simplement connexes*, par GASTON JULIA. Paris, Gauthier-Villars, 1950. Nouveaux tirages; 3 fasc. 25^{cm}.

Images électroniques en microbiologie, par CONSTANTIN LEVADITI. Paris, Librairie Maloine, 1949; 1 vol. 27^{cm}.

The science reports of the Tôhoku University. Fifth series. *Geophysics*. Vol. I. Number 1. Sandai, 1949; 1 fasc. 25^{cm},5.

Arkiv för mathematik utgivet av K. Svenska vetenskaps-Akademien. Band. I. Häfte 1. Stockholm, Almsquit et Wiksells Boktryckeri AB; London, H. K. Lewis. Paris. Librairie C. Klincksieck, 1949; 1 fasc. 25^{cm}.

Conseil international des Unions scientifiques. *Sixième rapport* de la Commission pour l'étude des *relations entre les phénomènes solaires et terrestres*. Orléans, Imprimerie nouvelle, 1948; 1 fasc. 22^{cm}.

Ministère des Travaux publics et des Transports. Institut géographique national. *Conseils aux jeunes opérateurs géographes appelés à servir en Afrique équatoriale française* (*zone des Savanes*), par JEAN HURAULT. *Note sur la conduite d'une mission de reconnaissance dans l'intérieur de la Guyane*, par JEAN HURAULT. *Mission astro-géodésique de l'Oyapoc* (*Guyane française*), juillet à novembre 1947. *Rapport de fin de mission*, par JEAN HURAULT et ANDRÉ FRIBOURG-BLANC. *Mission astrogéodésique du Maroni* (*Guyane française*), juillet à décembre 1948. *Rapport de fin de mission*, par JEAN HURAULT et ANDRÉ SAUSSE (pour la partie médicale). Paris, Imprimerie de l'Institut géographique national, 1948 et 1949; 4 fasc. polycopiés 27^{cm}.

Les automates. Figures artificielles d'hommes et d'animaux. Histoire et technique, par ALFRED CHAPUIS et EDMOND DROZ. Neuchâtel, Éditions du Griffon, 1949; 1 vol. 29^{cm} (présenté par M. P. Chevenard).

XIIIe Congrès international de zoologie tenu à Paris du 21 au 27 juillet 1948. Comptes rendus. Ouvrage publié avec le concours du CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. Paris, 1949; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. M. Caullery).

Rapport d'activité 1948 du Centre de recherches et d'études océanographiques. Contributions. Paris, 1948; 1 vol. 27^{cm}.

Archives des sciences, éditées par la SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE. *La théorie de la propagation ellipsoïdale et ses possibilités. Relativité, quanta, gravitation,* par HENRI VARCOLLIER. Genève, Librairie de l'Université, 1949; 1 fasc. 23^{cm}.

Vyrovnávací počet Statickou methodou, par JAROSLAV PANTOFLIČEK. V. Praze, Nákladem Českê Akademie věd a Uměni, 1949; 1 fasc. 26^{cm}.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JANVIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Corneille Heymans**, Correspondant de l'Académie, lauréat du prix Nobel de Médecine, **Stefan Bergmann**, Professeur à l'Université Harvard, **Luitzen Egbertus Jan Brouwer**, Membre de l'Académie des Sciences de Hollande, Professeur à l'Université d'Amsterdam, qui assistent à la séance.

M. **Pierre Lejay**, Président de la Commission scientifique de l'Expédition polaire française, informe l'Académie de l'arrivée du *Charcot* en vue de la Terre Adélie.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine des plantes vasculaires.* Note de M. **Joseph Magrou**.

Dans une Note récente [1], nous avons signalé, avec M. Mariat, qu'une Graminée annuelle, le *Poa annua* L., cultivée en serre, à Paris, dans une terre prélevée en haute montagne, produit des organes pérennants et devient vivace, lorsqu'elle s'adapte à la symbiose mycorhizienne avec les champignons présents dans cette terre.

Cette expérience montre qu'une plante annuelle peut acquérir l'état vivace sous l'influence d'un facteur extrinsèque tel que la symbiose. Or, au cours de l'évolution du règne végétal, l'acquisition de l'état vivace semble avoir joué un rôle dans la genèse du groupe de beaucoup le plus important de la flore terrestre, celui des plantes vasculaires.

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 22.

On a proposé diverses théories pour expliquer l'origine des plantes vasculaires. Nous ne retiendrons ici que l'hypothèse soutenue par Treub ([2]), qui fait dériver ces plantes du sporogone d'une Muscinée voisine des Jungermanniales à thalle de notre temps. Nos observations sur le *Poa annua* nous semblent, en effet, apporter un nouvel argument en faveur de cette manière de voir.

Les Muscinées ou Bryophytes et les plantes vasculaires (Ptéridophytes et Phanérogames) présentent une évolution sexuelle remarquablement uniforme, qui a permis de réunir ces plantes, apparemment si disparates, dans le vaste ensemble des Archégoniates. On sait qu'une plante vasculaire, une Fougère feuillée, par exemple, est homologue non d'une tige feuillée de Mousse, mais du sporogone de celle-ci. Fougère feuillée et sporogone, en effet, dérivent d'un œuf, sont diploïdes et produisent des spores. Ils représentent la génération asexuée ou sporophyte qui, dans le cycle des Archégoniates, alterne avec la génération sexuée ou gamétophyte (tige feuillée de Mousse, thalle d'Hépatique ou prothalle de Fougère), issue d'une spore, haploïde et génératrice d'éléments reproducteurs sexuels ou gamètes.

Le sporophyte, au début de son développement, vit toujours en parasite sur le gamétophyte producteur de l'œuf qui lui a donné naissance. Chez les Muscinées, il meurt aussitôt après avoir produit ses spores et reste parasite sur le gamétophyte pendant tout le cours de sa brève existence. Chez les plantes vasculaires, au contraire, il s'affranchit de bonne heure pour mener une existence indépendante. Là réside la différence essentielle entre les deux grands groupes d'Archégoniates.

Treub a cherché à imaginer comment le sporophyte des Cryptogames vasculaires a pu acquérir l'autonomie physiologique qui le caractérise, alors que chez les ancêtres supposés de ces plantes, il n'était que morphologiquement autonome, vivant pour le reste comme parasite sur le gamétophyte. Selon lui, bien avant même de devenir une plante à racines, il se serait couché sur le sol et s'y serait insinué à l'aide d'une protubérance latérale ou protocorme, capable d'y puiser l'eau et les sels par ses poils absorbants. Devenu apte à se nourrir par ses propres moyens, il aurait pu désormais s'affranchir de l'état parasitaire.

Or un protocorme semblable à celui qu'imagine Treub existe dans l'une des familles les plus évoluées des plantes vasculaires, celle des Orchidées, et Noël Bernard a montré que son apparition chez ces plantes est une conséquence de la symbiose qu'elles contractent avec des champignons ([3]). Partant de là, il suppose qu'il a dû en être de même chez les plantes vasculaires les plus

---

([2]) *Ann. Jardin Bot. Buitenzorg*, 8, 1890, p. 1-37.
([3]) *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9e série, 9, 1909, p. 1-196.

primitives. Adoptant l'idée de Treub, selon laquelle le sporophyte annuel des Muscinées s'est affranchi tout d'abord en se couchant sur le sol et en s'y fixant par un protocorme, il la complète en affirmant que *l'apparition des plantes vasculaires a été la conséquence d'une haute adaptation de certaines Muscinées à la vie en symbiose avec des champignons.*

Cette hypothèse a pu paraître aventureuse, en raison du fossé en apparence infranchissable qui existait, lorsqu'elle a été formulée, entre le sporogone des Muscinées, de forme et de structure relativement simples, et le sporophyte toujours hautement différencié des plantes vasculaires les plus primitives connues à cette époque (Lycopodiacées, Psilotacées, Ophioglossées). Mais ce fossé a été ultérieurement comblé par la découverte, dans le Dévonien inférieur d'Écosse, de plantes vasculaires fossiles beaucoup plus simples, les Rhyniacées, décrites par MM. Kidston et Lang (1). Ce sont des plantes sans feuilles et sans racines, essentiellement formées, comme un sporogone de Muscinée, d'un axe dressé portant à son sommet une capsule renfermant des spores. Mais au lieu d'être parasites sur un gamétophyte, ces tiges dressées proviennent d'un rhizome souterrain horizontal fixé au sol par des rhizoïdes; elles répondent donc exactement au schéma que suppose l'hypothèse de Treub. Et, conformément aux prévisions de Noël Bernard, leur rhizome héberge un champignon symbiotique. Ce champignon, avec son mycélium de gros calibre, non cloisonné, et ses vésicules sphériques ou cylindriques, ressemble de façon frappante à celui que l'on retrouve dans les racines de nos *Poa annua* devenus vivaces. Sous l'action de la symbiose, nous avons vu les tiges dressées du *Poa* se coucher sur le sol, s'y fixer par des racines et se transformer en organes pérennants. Rien ne s'oppose dès lors à ce qu'un champignon en tout point semblable ait exercé dans le passé la même action sur un sporogone de Muscinée et l'ait transformé en une plante vivace, qui serait devenue la souche originelle des plantes vasculaires.

En résumé, nos observations sur le passage du *Poa annua* à l'état vivace, s'ajoutant à la découverte paléontologique des Rhyniacées par MM. Kidston et Lang, nous paraissent appuyer l'hypothèse selon laquelle le sporophyte des plantes vasculaires dérive d'un sporogone monopodial et annuel, qui s'est affranchi en prenant l'état vivace par suite d'une haute adaptation à la symbiose avec des champignons. Le jour où l'on réussirait à réaliser sur un sporogone de *Pellia* l'expérience que nous avons décrite chez le *Poa annua*, le problème de l'origine des plantes vasculaires semblerait bien près d'être résolu.

---

(1) *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 51, 1917, p. 761; 52, 1920, p. 603; 52, 1921, p. 381 et 853.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Adaptation spontanée aux Porcs domestiques d'une larve de Muscide ectoparasite de l'Homme, le Ver des cases africain* (Auchmeromyia luteola *Fabr.*). Note de MM. **Émile Roubaud** et **Max Holstein.**

Auchmeromyia luteola Fabr. est le chef de file d'une petite tribu de *Calliphorinæ testaceæ*, celle des Auchméromyies, propre à l'Afrique tropicale et dont les représentants ont pour caractère commun de présenter des larves hémophages strictement adaptées à l'exploitation sanguine d'hôtes vertébrés très spécialisés. Depuis les observations déjà anciennes de Dutton, Todd et Christy (1904) qui ont fait connaître les grands traits de leur singulier comportement parasitaire, les larves de l'*A. luteola* sont couramment désignées sous le nom de *Vers des planchers* ou *Vers des cases*. Elles se rencontrent, en effet, habituellement dans le sable et les parties meubles du sol des habitations indigènes, en Afrique Noire. Elles piquent, pendant la nuit, les humains étendus à terre, se comportant comme parasites intermittents, à la manière de la tique africaine *Ornithodorus moubata* dont elles partagent l'habitat et les aptitudes de résistance au jeûne. Les représentants du sous-genre voisin *Chœromyia* Roub. exploitent, de leur côté, suivant le même mode, certains Mammifères à peau nue, habitants des terriers, les Phacochères et les Oryctéropes.

A la suite d'enquêtes approfondies effectuées, il y a environ 35 ans, sur ces Calliphorines, dans les différentes régions de l'Afrique occidentale française, l'un de nous faisait ressortir, d'une part la spécificité parasitaire, à l'égard de l'Homme, du Ver des cases et, d'autre part, celle des larves de Chœromyies ou Vers des terriers, à l'égard des animaux sauvages à peau nue [1].

Sous sa forme ailée, l' *A. luteola*, mouche coprophage, avait pu être parfois rencontrée dans les porcheries, se nourrissant sur les excréments des animaux; mais il ne fut jamais possible, à l'époque, de mettre en évidence quelque relation de ses larves avec les porcs domestiques, sur lesquels, d'ailleurs, on peut expérimentalement, les entretenir facilement. Inversement, les ailées des Chœromyies purent être quelquefois observées dans les habitations humaines [2], sans que jamais les larves aient été reconnues comme attaquant spontanément leurs occupants. Cependant, il était permis de penser que *la spécificité habituelle des larves d'Auchmeromyies vis-à-vis de leurs hôtes respectifs n'est que relative et que suivant les circonstances, il peut se produire des suppléances entre les hôtes* [3]. Pour le Ver des cases, ces circonstances semblent surtout marquées par les conditions physiques d'un habitat domestique : constructions étanches, à sol meuble et sec, abritant un hôte à téguments nus.

---

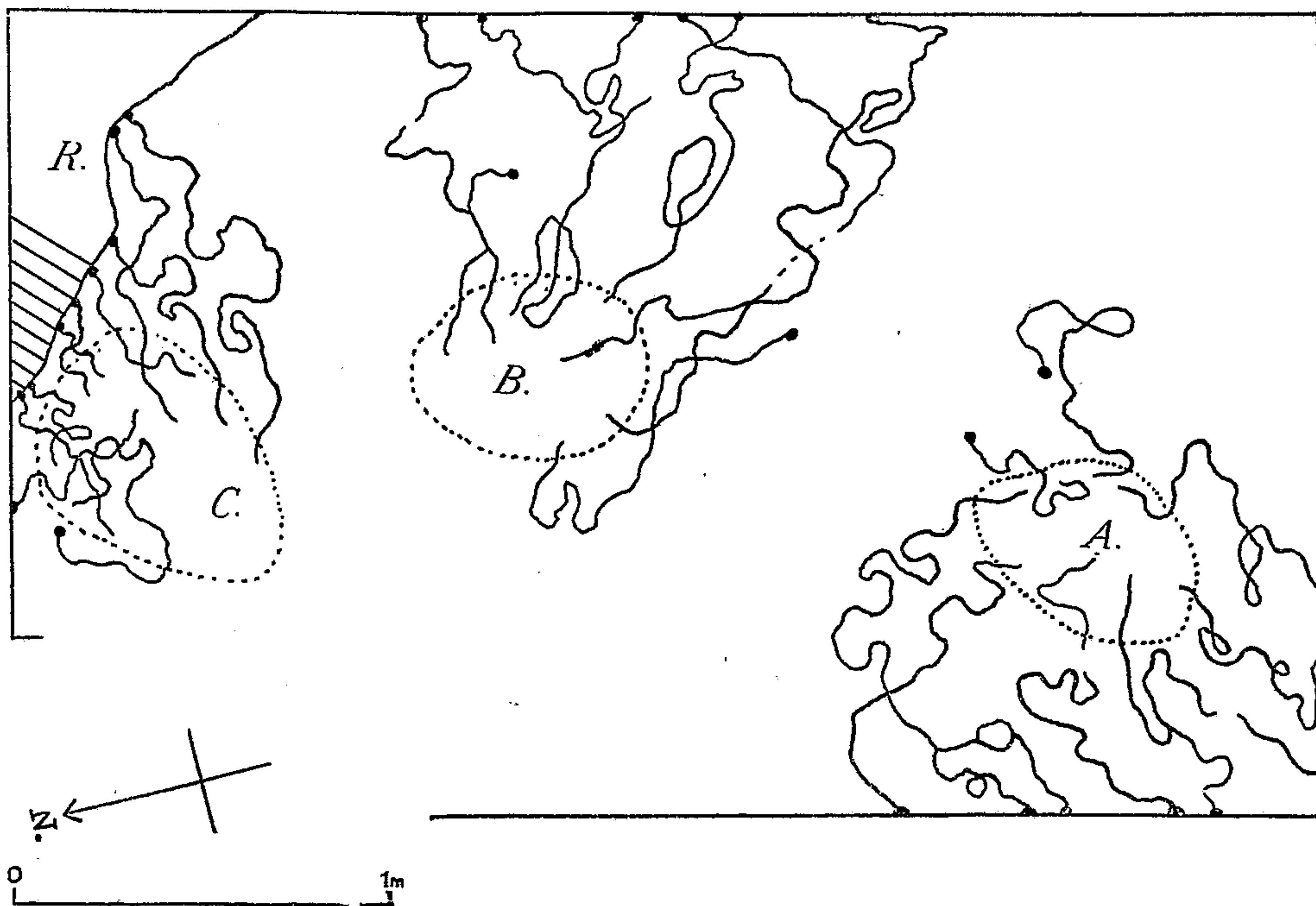
[1] E. Roubaud, *Les Auchméromyies, Calliphorines à larves suceuses de sang* (*Bull. Scient. France et Belgique*, 7e série, 47, 1913.)

[2] G. Bouet et E. Roubaud, *Bull. Soc. Path. exot.*, 9, 1946, p. 242.

[3] E. Roubaud, *Bull. Soc. Path. exot.*, 9, 1916. p. 768.

L'un de nous (M. Holstein), entomologiste de la Recherche Scientifique Outre-mer, opérant à Bobo-Dioulasso (Côte d'Ivoire), au Service d'Hygiène mobile et de Prophylaxie, vient de confirmer ce point de vue. Dans les porcheries annexées à l'Hypnoserie locale, il a découvert de nombreuses larves d'*A. luteola* gorgées de sang de porc ([1]). Les observations suivantes ont pu être faites touchant cet intéressant parasitisme substitutif.

Les porcs infestés, une trentaine, de race Yorkshire, à robe blanche, occupent des cases construites en dur, sur sol latéritique recouvert de sable, dans le prolongement des habitations de l'Hypnoserie. L'attraction exercée par ces animaux se traduit par une *déviation* marquée des parasites qui se montrent de cinq à dix fois plus nombreux, larves ou adultes, au voisinage des porcs que dans les habitations humaines voisines. Dans ces dernières, l'importance de l'infestation augmente avec l'éloignement des porcheries. Il y a donc effet de zooprophylaxie.



Tracés vermiculaires de migration observés autour du point de stationnement de trois porcs, attachés en A; B, C, dans une case de porcherie. Les points noirs marquent les emplacements où ont été recueillies les larves ou pupes. R, saillant du substratum latéritique.

Les porcs, qui ne rentrent aux porcheries que pour la nuit, sont exploités par les larves en vertu d'un rythme nycthéméral nocturne, stabilisé : aucune attaque n'a été observée sur des animaux maintenus dans les locaux pendant

([1]) Identification confirmée par la technique des précipitines.

le jour. C'est au pied des murs, dans les anfractuosités remplies de sable sec, que les larves au repos et les pupes ont été le plus fréquemment décelées. Les larves à jeun vont vers leurs hôtes et reviennent gorgées à leur abri, en suivant des cheminements horizontaux, perceptibles sur la surface sableuse sous forme de tracés vermiculaires (*figure*). Cette modification de leur comportement thermotrope, qui influence habituellement des déplacements verticaux, semble due à la présence d'un substratum latéritique compact, diffusant horizontalement la chaleur émise par les hôtes.

La substitution, pour la première fois reconnue, du porc domestique à l'homme, comme hôte naturel d'*A. luteola*, étend la liste, déjà diverse, des parasites humains hébergés par ce mammifère. Elle représente, sans nul doute, un fait d'adaptation récente, subordonné aux conditions, meilleures que par le passé, d'installation des porcheries locales.

De même que les progrès de la stabulation ont favorisé l'évolution zoophile d'espèces anophéliennes dangereuses, de même il est à penser que le remplacement des abris précaires, affectés d'ordinaire, en Afrique noire, à la garde des porcs, par des constructions plus hygiéniques et confortables, contribuera à faire de l'Auchméromyie humaine un exploitant régulier de ces hôtes-substitués.

Témoin d'un état de vie primitif qui suppose, essentiellement, la pratique du couchage direct sur le sol, le Ver des cases, jusqu'alors demeuré parasite spécifique des Noirs africains, est appelé à disparaître si le niveau de vie des populations autochtones vient à s'élever. Mais il trouvera, parmi les populations porcines domestiquées d'Afrique, les moyens de poursuivre son existence, en marge des intérieurs humains.

En résumé, le Ver des cases africain, larve hémophage d'*Auchmeromyia luteola*, peut s'adapter aux porcs domestiques, s'il rencontre, dans le milieu des porcheries, des conditions physiques favorables à son installation.

BOTANIQUE. — *L'influence de la température sur le degré de toxicité des toxines phytopathogènes.* Note de M. **Ernest Gäumann** et M[me] **Stephi Naef-Roth.**

Plusieurs maladies du flétrissement d'origine infectieuse, celles des arbres en particulier, restent longtemps latentes puis déterminent au début de l'été, lorsque la température s'élève, un brusque dépérissement (apoplexie) chez les sujets atteints. On admettait jusqu'ici que ce collapsus était dû à l'action combinée de deux facteurs :

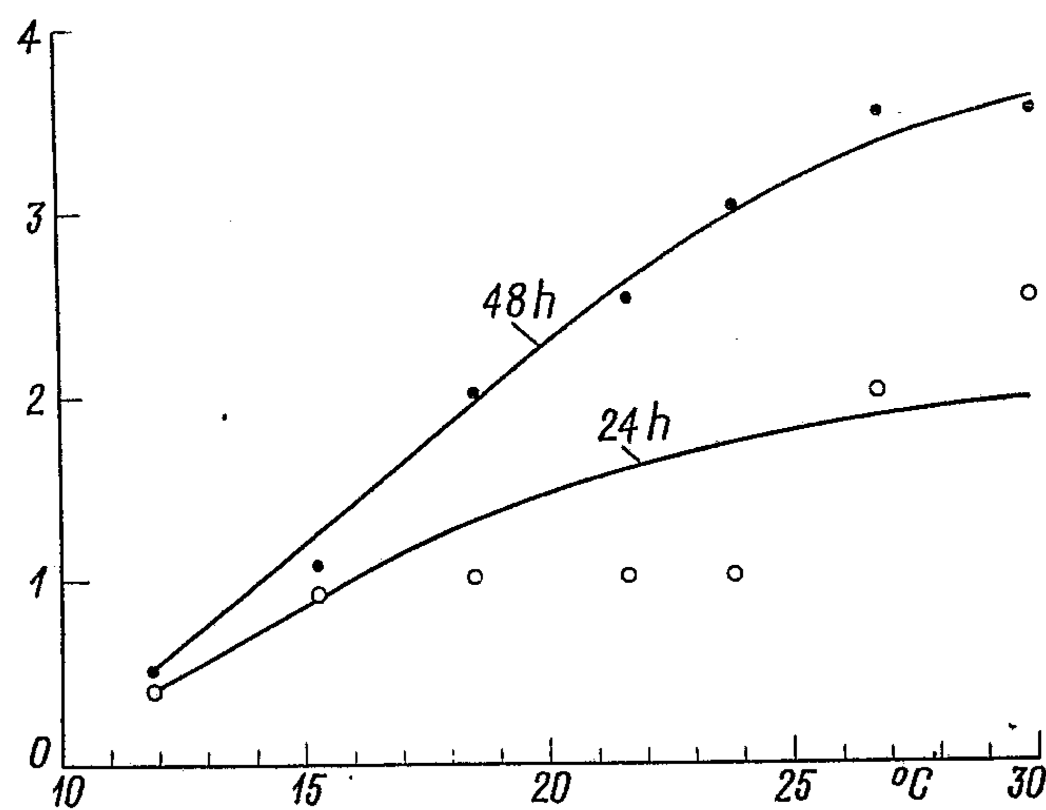
1° un affaiblissement préalable de l'arbre, consécutif à la dépense de réserves occasionnée par le débourrement;

2° une augmentation, sous l'effet de l'élévation de la température, de la production de toxine par l'agent pathogène.

Dans la présente Note, nous aimerions montrer que l'élévation de la température accroît en outre le *degré de toxicité* des toxines phytopathogènes.

De jeunes pousses de tomates, de 15^{cm} de longueur, furent trempées dans une solution $n/5.10^3$ de lycomarasmine (Gäumann, 1950) (¹), jusqu'à ce qu'elles aient absorbé, en 40 à 100 minutes, la dose toxique minimum (150^{mg} de lycomarasmine par kilogramme de plante vivante). Elles furent ensuite replacées dans de l'eau et logées dans des thermostats dont l'air était maintenu à un degré constant d'humidité (50 à 60 % d'humidité relative). Les symptômes d'empoisonnement furent contrôlés 24 et 48 heures après le début de l'essai et consignés de la manière suivante : 0, aucun effet visible; 1, faible enroulement des pointes des feuilles, légères nécroses maculeuses; 2, fort enroulement des pointes des feuilles, légères nécroses marginales et maculeuses; 3, nécroses marginales et maculeuses assez fortes; 4, fortes nécroses marginales et maculeuses, les parties nécrosées étant sèches pour la plupart. La figure rapporte les moyennes arithmétiques obtenues.

La *quantité* de toxine absorbée est identique chez chacune des plantes. La *répartition* du poison est également la même dans toutes les plantes soumises à l'essai, car la lycomarasmine se répand de façon homogène dans les tissus déjà au cours de l'absorption (Gäumann et Jaag, 1946) (²). Dans ces



conditions, les différences qui pourraient se manifester dans l'intensité des symptômes du flétrissement devraient être dues à des variations du *degré de toxicité* de la lycomarasmine. Nous constatons, d'après la figure, que le degré de toxicité de la lycomarasmine absorbée par les tissus augmente

(¹) *Advances in Enzymology*, 11, (sous presse).
(²) *Experientia*, 2, 1946, p. 215-220.

effectivement à mesure que la température s'élève et atteint plusieurs fois la valeur enregistrée à la température la plus basse. On a observé un phénomène analogue en toxicologie médicale dans le cas de la colchicine (Führer et Breipohl, 1933) (3).

Il y a lieu de considérer deux possibilités d'accroissement du degré de toxicité de la lycomarasmine en fonction de l'élévation de la température : *a.* une activation de la *transformation* de la lycomarasmine en complexe lycomarasmine-fer dix fois plus toxique (Gäumann, Naef et Miescher, 1950) (4) et *b.* une amplification de l'*action* coagulante du complexe lycomarasmine-fer.

a. S'il est exact que la lycomarasmine se trouvant à l'intérieur des cellules est transformée plus rapidement en complexe lycomarasmine-fer à mesure que la température s'élève, l'influence de cette dernière doit être nulle quand les plantes ont absorbé, au lieu de lycomarasmine pure, une dose correspondante du complexe lycomarasmine-fer. Notre tableau démontre que tel est bien le cas.

Température (°C).	Dose toxique minimum (15mg du complexe équimoléculaire lycomarasmine-fer par kilogramme de plante vivante). Intensité des symptômes après :		Double de la dose toxique minimum (30mg du complexe équimoléculaire lycomarasmine-fer par kilogramme de plante vivante). Intensité des symptômes après :	
	24 heures.	48 heures.	24 heures.	48 heures.
11,7.......	0.52±0.1	2.0±0.3	1.3±0.1	2.7±0.5
14,8.......	0.17±0.1	1.3±0.3	0.9±0.1	2.4±0.4
18,6.......	0.58±0.2	2.0±0.4	1.3±0.2	2.5±0.6
21,7.......	0.18±0.1	1.2±0.2	1.4±0.2	2.3±0.2
23,8.......	0.47±0.2	1.6±0.4	1.4±0.2	2.9±0.3
27,0.......	0.66±0.1	1.5±0.1	1.4±0.2	2.7±0.3
29,3.......	0.54±0.2	2.0±0.5	1.5±0.2	2.7±0.4

b. Il est connu que l'action des coagulases sur certaines albumines pures augmente rapidement d'intensité à température croissante; dans le protoplasme végétal, soumis, aussi bien dans les conditions extérieures que dans celles de nos essais, à des températures variant entre 10 et 30°C, les substances albuminoïdes devraient être par contre amplement stabilisées. Aussi, n'est-il pas surprenant que dans notre tableau l'élévation de la température ne provoque pas une intensification de l'action coagulante du complexe lycomarasmine-fer, mais qu'elle agisse seulement sur la transformation de la lycomarasmine en complexe lycomarasmine-fer.

(3) *Arch. exper. Pathol.*, 173, 1933, p. 146-158.

(4) *Phytopath. Zschr.*, 16 (sous presse).

M. **Gaston Julia** s'exprime en ces termes :

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le tome V des œuvres d'Henri Poincaré, qui marque la reprise de cette édition à laquelle vous avez bien voulu vous intéresser spécialement. Le texte, et des notes nombreuses et intéressantes, ont été établis par M. Albert Châtelet, doyen de la Faculté des Sciences; l'impression a été réalisée par la maison Gauthier-Villars avec son soin habituel. Je ne puis manquer de vous signaler que l'édition de ce tome V a pu être assurée grâce à des dons importants du C. N. R. S., de l'Union internationale d'Astronomie, et des élèves de l'École Polytechnique des promotions 1946 et 1947. A tous ces artisans de notre œuvre, j'adresse les remercîments de l'Académie. »

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie, de la quatrième édition de mes *Leçons sur la théorie des fonctions*, qui est le premier Ouvrage que j'ai publié. C'est pour moi une agréable occasion de remercier les nombreux collaborateurs français et étrangers de la *Collection de Monographies sur la Théorie des fonctions*, dont cet Ouvrage a été l'origine.

Je fais également hommage à l'Académie d'une nouvelle édition d'un Ouvrage de cette Collection : *L'Analysis situs et la Géométrie algébrique*, par Salomon Lefschetz.

M. **Paul Fallot** fait hommage à l'Académie, au nom du Service géologique du Maroc, de la série des *Notes et Mémoires* publiés par cet organisme, et dont l'un des fascicules est de sa main. Il souligne l'importance de l'œuvre géologique accomplie par la France depuis vingt-cinq ans dans l'Empire chérifien sous la direction de Pierre Despujols, puis de Henri Termier, enfin, actuellement, de Jean Marçais. La montée impressionnante de la production minière marocaine est la conséquence directe de cette activité scientifique.

M. **Georges Bouligand** fait hommage du tome II, fascicule A, de son Ouvrage : *Les principes de l'Analyse géométrique : Base méthodologique*.

M. **Waclaw Sierpinski** adresse l'Ouvrage consacré à son Jubilé et intitulé : *Jubileusz 40-lecia dzialalnosci na katedrze uniwersyteckiej profesora Waclawa Sierpinskiego, Warszawa*, 23-9-1948.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Élias Melin** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Emmanuel Teodoresco*, décédé.

DÉSIGNATIONS.

M. Maurice Caullery est désigné pour représenter l'Académie à l'International anatomical Congress, qui aura lieu à Oxford, en juillet 1950.

MM. Louis de Broglie, Gaston Julia, Paul Lebeau, Albert Portevin, Pierre Jolibois, Louis Hackspill, Paul Pascal et Pierre Chevenard sont désignés pour représenter l'Académie dans le Comité d'honneur de la manifestation organisée par la Société Française de Métallurgie, le 18 octobre 1950, pour commémorer le Centième anniversaire de la naissance de *Henry Le Chatelier*.

CORRESPONDANCE

M. le Ministre de l'Éducation Nationale invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire d'Ethnologie des Hommes actuels et des Hommes fossiles, vacante au *Muséum National d'Histoire Naturelle*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

L'Université de Glasgow invite l'Académie à prendre part aux Cérémonies qui auront lieu, à l'occasion du cinq-centième anniversaire de sa fondation, au mois de juin 1951.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Actualités scientifiques et industrielles. 1079. *Progrès récents de la Chromatographie*. Première Partie. *Chimie organique et biologique*, par Edgar Lederer (présenté par M. J. Duclaux).

2° Paul Jovet. *Le Valois. Phytosociologie et Phytogéographie* (présenté par M. R. Combes).

3° Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France. *Centenaire*. IV.

4° René Fabre. *La Pharmacie française. Enseignement et exercice de la profession. Règlements et organisation.*

5° Université de Paris. Faculté de Pharmacie. *Programmes d'études et renseignements scolaires.*

6° Giacomo Piccarolo. *Expériences faites dans la Culture du peuplier en Italie.*

7° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc National Albert. *Mission H. Damas* (1935-1936) : Fascicules 18 et 19. *Mission G. F. De Witte* (1933-1935) : Fascicules 60 et 61.

8° Id. *Les Parcs nationaux du Congo belge.*

9° Id. Parc National de l'Upemba, Congo belge. *Vues en couleurs*. Série 1 à 9.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur la notion d'ordre.*
Note de M. **L.-E.-J. Brouwer**, présentée par M. Émile Borel.

Une espèce S d'entités mathématiques est dite *partiellement ordonnée*, si d'après certains critères γ il existe pour certaines paires d'éléments de S, composées chacune d'un premier élément X et d'un second élément Y, des *relations d'ordre* $X = Y$ (X et Y sont *du même rang*), $X < Y$ (X est *inférieur* à Y) ou $X > Y$ (X est *supérieur* à Y), remplissant, a, b, c, r, s désignant des éléments arbitraires de S, les conditions suivantes :

1. $a = a$;
2. $a = b$ entraîne $b = a$;
3. l'union de $a = b$ et $b = c$ entraîne $a = c$;
4. $a < b$ et $b > a$ s'impliquent mutuellement;
5. l'union de $a = r$, $b = s$ et $a < b$ entraîne $r < s$;
6. l'union de $a < b$ et $b < c$ entraîne $a < c$;
7. $a < b$ exclut $a > b$ (donc d'après ce qui précède $a = b$ exclut $a < b$).

Deux éléments a et b d'une espèce partiellement ordonnée seront dits *de rangs différents*, si la relation $a = b$ s'est trouvée contradictoire.

Si dans une espèce partiellement ordonnée deux éléments arbitraires a et b sont ou bien du même rang ou bien de rangs différents, l'espèce sera dite *discrètement* ordonnée.

Si dans une espèce partiellement ordonnée on a pour deux éléments arbitraires a et b de rangs différents ou bien $a < b$ ou bien $a > b$, l'espèce sera dite *quasicomplètement* ordonnée.

Un ordre partiel qui est en même temps discret et quasi complet, sera dit *complet*.

Un ordre partiel sera dit *naturel*, si ses critères γ constituent une extension de ceux de quelque ordre simple et intuitif complet.

Une relation u, qui est une relation $p = q$, $p < q$ ou $p > q$, qu'on imagine pour deux éléments p et q de l'espèce partiellement ordonnée S, sera dite *compatible avec l'ordre partiel de* S, si pour l'espèce de relations qui est l'union de la relation u et des relations d'ordre découlant des critères γ, la non-contradiction du système de conditions 1, 2, ..., 7 reste en vigueur. L'ordre partiel π de S sera dit *saturé*, s'il se trouve établi que chaque relation d'ordre compatible avec π découle elle-même des critères γ, donc fait partie de π.

Il a été démontré que l'ordre saturé est équivalent à l'ordre *virtuel*, c'est-à-dire à l'ordre partiel qui, en dehors des conditions 1, 2, ..., 7, satisfait aux conditions supplémentaires suivantes :

8. L'absurdité simultanée de $a = b$ et $a < b$ entraîne $a > b$.
9. L'absurdité simultanée de $a < b$ et $a > b$ entraîne $a = b$.

On constate immédiatement que pour chaque relation d'ordre qu'on imagine

pour deux éléments de l'espèce virtuellement ordonnée S la non-contradiction est équivalente à l'existence et que pour chaque paire d'éléments de cette espèce S la participation à l'ordre virtuel est non-contradictoire.

L'ordre virtuel trouve sa réalisation la plus importante dans l'ordre partiel naturel du continu intuitionniste.

Évidemment l'ordre complet implique l'ordre virtuel. Par contre l'*ordre virtuel n'implique ni l'ordre complet, ni même l'ordre quasi complet.* Pour les ordres partiels naturels cette non-implication est mise en évidence par l'exemple d'une propriété essentiellement négative que j'ai communiqué à l'Académie des Sciences d'Amsterdam dans sa séance du 25 septembre 1948.

En revanche, pour les ordres partiels naturels, l'ordre quasi complet n'implique pas non plus l'ordre virtuel. En effet, appelons deux entités mathématiques *différentes* si leur égalité est absurde, et disons de deux espèces d'entités mathématiques a et b que a est *contenue* dans b si chaque élément de a est égal à un élément de b, que a et b sont *identiques* si elles sont contenues l'une dans l'autre, et que a *sort* de b si a contient un élément différent de chaque élément de b. Basons ensuite l'*ordre partiel naturel* π_1 *d'une espèce arbitraire* E *d'espèces d'entités mathématiques* sur la convention que pour deux éléments a et b de E on mettra $a \mathrel{\underline{\underline{\cdot}}} b$ si a et b sont identiques, et $a < b$ si a est contenu dans b tandis que b sort de a.

Considérons en particulier l'ordre partiel π_1 de l'espèce R contenant comme éléments les espèces a_ω et a_r, définies comme il suit : a_ω se compose de la suite infinie de nombres rationnels 0, 1, 2^{-1}, 2^{-2}, ..., tandis que a_r contient comme éléments ceux de a_ω, et en plus un nombre réel r satisfaisant à la condition que, sans qu'il soit contenu dans a_ω, son appartenance à a_ω est non-contradictoire. L'intuitionisme dispose de divers moyens de construire de tels nombres. Alors la différence de rang par rapport à π_1 des deux éléments de R étant contradictoire, la seule paire d'éléments contenue dans R n'est pas touchée par la condition de l'ordre quasi complet, qui par conséquent se trouve bien réalisé. D'autre part, la condition 9 de l'ordre virtuel n'est pas remplie, les relations $a_r < a_\omega$ et $a_r > a_\omega$ étant toutes les deux contradictoires sans qu'il s'ensuive la relation $a \mathrel{\underline{\underline{\cdot}}} a_\omega$. Il s'ensuit que, pour l'espèce R, l'ordre partiel π_1 n'est pas virtuel.

Hors du domaine des ordres partiels naturels, la mise en évidence de l'indépendance mutuelle de l'ordre quasi complet et de l'ordre virtuel se fait d'une manière plus simple. En effet, considérons une espèce S se composant de deux entités mathématiques a et b seulement. Soit α une assertion mathématique *non-éprouvable*, c'est-à-dire que jusqu'ici on ne connaît pas d'algorithme à déduire soit la non-contradictorité soit l'absurdité de α. Définissons un ordre partiel de S en choisissant comme critères respectifs des relations $a > b$, $a < b$ et $a \mathrel{\underline{\underline{\cdot}}} b$ l'établissement de la non-contradiction, de l'absurdité et de l'ensemble de la non-contradiction et de l'absurdité de α. Cet ordre partiel est virtuel,

sans être quasi complet. D'autre part, si les trois critères en question sont successivement remplacés par l'établissement de l'ensemble de la vérité et de l'absurdité de α, de l'absurdité de α et de la vérité de α, on obtient un ordre quasi complet, qui n'est pas virtuel.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les relations d'incomposabilité dans les logiques de complémentarité.* Note de M. **Renaud de Bengy-Puyvallée**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans des Notes précédentes ([1]), nous avons donné les formules de composabilité à partir de la notion de *réalisabilité*, définie par M[me] Destouches-Février ([2]) pour les logiques de complémentarité par

$$\text{Réal}\, p(a) =_d \propto \mathsf{C}[a; p(x)], \qquad \text{Réal}\, p(x) =_d \propto \exists x \mathsf{C}[x; p(u)],$$

[construire un a tel que soit réalisé ce qu'on énonce par $p(a)$, ...].

En logique de l'intuitionisme sans négation, une espèce $\text{Esp}_x[p(x)]$ est *bien définie* si $p(x)$ est réalisable. Pour la composabilité de deux espèces *bien définies* $\text{Esp}_x p(x)$ et $\text{Esp}_x q(x)$ [où $p(x)$ et $q(x)$ sont réalisables], on a

$$p(x) \underset{\&}{=\!\!|\!\!=} q(x) . \equiv . \text{Bdf}\{\text{Esp}_x[p(x)] \cap \text{Esp}_x[q(x)]\}.$$

En logique quantique, on obtient une formule identique où les espèces sont remplacées par des multiplicités linéaires dans l'espace de Hilbert.

Dans l'intuitionisme sans négation ([3]), la disjonction $\vee$ de deux propositions n'est pas toujours définie; il faut une condition de composabilité $p \underset{\vee}{=\!\!|\!\!=} q$ définie de la façon suivante

$$p(x) \underset{\vee}{=\!\!|\!\!=} q(x) . =_d \text{Réal}\, p(x) . \,\&\, \text{Réal}\, q(y),$$

car la réunion de deux espèces n'est définie que si chacune des deux espèces contient au moins un élément; on a alors cette identité

$$px \underset{\vee}{=\!\!|\!\!=} q(x) . \equiv . \text{Bdf}\{\text{Esp}_x[p(x)] \cup \text{Esp}_x[q(x)]\}.$$

2. L'incomposabilité pour & peut être définie d'une manière strictement constructive à partir de la notion d'*écart* ω entre éléments de l'ensemble fonda-

---

([1]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 589; 226, 1948, p. 454; 228, 1949, p. 624.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 31.

([3]) G. F. C. Griss, *Proc. Ned.*, 53, 1944, p. 261; 49, 1946, p. 1121-1133; *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 918.

mental (ou déploiement) E considéré

$$p(x) \underset{\&}{\|} q(y) =_d \forall x, y \{ \propto \mathsf{C}[x; p(u)] . \& . \propto \mathsf{C}[y; q(v)] : \rightarrow : x \omega y \},$$

$x \omega y$ signifiant : x écarté de y.

La définition de deux espèces disjointes peut être exprimée par

$$\mathrm{Esp}_x p(x) \not\# \mathrm{Esp}_y p(y) =_d p(x) \underset{\&}{\|} q(y).$$

L'espèce complémentaire $\mathcal{C}$ d'une espèce sur l'ensemble E peut être définie par

$$\mathcal{C}_E \mathrm{Esp}_x p(x) =_d \mathrm{Esp}_y \{ y \in E . \& . \forall x . [x \in \mathrm{Esp}_u p(u) . \rightarrow . y \omega x] \}.$$

Pour que cette espèce soit *bien définie*, il faut (comme toujours dans l'intuitionisme sans négation) qu'elle ait au moins un élément. En remplaçant dans cette formule $\in$ par sa définition, on a

$$\mathcal{C}_E \mathrm{Esp}_x p(x) =_d \mathrm{Esp}_y \{ y \in E . \& . \forall x . \propto \mathsf{C}[x; p(u)] . \rightarrow . x \omega y \}.$$

A l'opération de complémentaire d'une espèce, on peut associer une opération de négation (négation conditionnelle) en posant

$$N_E p(x) =_d x \in \mathcal{C}_E \mathrm{Esp}_y p(y).$$

On aura

$$\text{Réal}\, N_E p(x) . \equiv . \mathrm{Bdf}\, \mathcal{C}_E \mathrm{Esp}_y p(y).$$

On peut établir la propriété suivante :

$$\mathrm{Esp}_x p(x) \not\# \mathcal{C}_E \mathrm{Esp}_x p(x) \quad \text{ou} \quad p(x) \underset{\&}{\|} N_E p(x).$$

$N_E N_E p(x)$ est en général différent de $p(x)$, et l'on a

$$P(x) \ \& \ \text{Réal}\, N_E N_E p(x) . \rightarrow . N_E N_E p(x).$$

On peut définir d'une manière positive l'irréalisabilité pour une proposition $p(a)$ par

$$\mathrm{Irr}\, p(a) =_d \text{Réal}\, p(x) . \& . \forall y . p(y) \rightarrow a \omega y.$$

3. L'irréalisabilité ne peut être définie d'une manière négative en mathématique intuitioniste sans négation que sur le plan pré-mathématique. Si l'on introduit la notion de contradiction Λ on peut comme le fait Johansonn définir la négation par

$$\neg p =_d p \rightarrow \Lambda.$$

Alors

$$\mathrm{Irr}_{\neg} p(x) =_d \neg\, \text{Réal}\, p(x).$$

L'incomposabilité pour $\vee$ ne peut se définir qu'au moyen de $\mathrm{Irr}_{\neg}$, c'est-à-dire

sur le plan pré-mathématique

$$p(x) \underset{\vee}{\|} q(y) =_d \mathrm{Irr}_\neg p(x) . \vee . \mathrm{Irr}_\neg q(y).$$

On pourrait de même définir une irréalisabilité forte pour & par $\neg (p \underset{\&}{\mp} q)$ et pour $p(a)$, par $\mathrm{Irr}_\neg p(a)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les opérateurs self-adjoints d'un espace de Hilbert.* Note (*) de M. **Jacques Dixmier**, présentée par M. Gaston Julia.

Théorème 1 ([1]). — *Soit* $A \in \mathcal{S}$, $A \geq 0$. *Soit* $\mathfrak{M}$ *une variété linéaire fermée. L'ensemble des* $B \in \mathcal{S}$, $0 \leq B \leq A$, *réduits par* $\mathfrak{M}$, *induisant* 0 *dans* $\mathfrak{M}' = H \ominus \mathfrak{M}$, *possède un plus grand élément.*

Pour $x \in \mathfrak{M}$, soit $f(x)$ la borne inférieure des $(A(x+y), x+y)$, où y parcourt $\mathfrak{M}'$. Pour $\varepsilon > 0$, soit $\mathcal{E}_\varepsilon^x$ l'ensemble des $y \in \mathfrak{M}'$ tels que

$$\big(A(x+y), x+y\big) \leq f(x) + \varepsilon.$$

Pour $y \in \mathcal{E}_\varepsilon^x$ et $z \in \mathfrak{M}'$, on a

$$(1) \qquad \big|\big(A(x+y), z\big)\big|^2 \leq \varepsilon (Az, z).$$

Car, si $(Az, z) = 0$, on a $Az = 0$, donc $\big(A(x+y), z\big) = (x+y, Az) = 0$. Si $(Az, z) \neq 0$, posant $g(\lambda) = \big(A(x+y+\lambda z), x+y+\lambda z\big)$, on a

$$g(\lambda) = (Az, z) |\lambda - \lambda_0|^2 + g(\lambda_0), \qquad \text{avec} \quad \lambda_0 = -\big(A(x+y), z\big)(Az, z)^{-1}.$$

Or $g(\lambda) \geq f(x)$ pour tout λ, et $g(0) = \big(A(x+y), x+y\big) \leq f(x) + \varepsilon$. Donc $\varepsilon \geq g(0) - g(\lambda_0) = (Az, z)|\lambda_0|^2$. D'où (1).

Lemme. — *a. Soit* $x \in \mathfrak{M}$. *Si* $y_n \in \mathcal{E}_{n^{-1}}^x$, $A^{1/2} y_n$ *converge fortement, et* $A(x+y_n)$ *converge fortement vers un* $x' \in \mathfrak{M}$. *b. Si, pour une suite* (y_n^*) *extraite de* $\mathfrak{M}'$, $A^{1/2} y_n^*$ *converge fortement, et* $A(x+y_n)$ *converge fortement vers un* $x'^* \in \mathfrak{M}$, *alors* $x' = x'^*$.

Car (1), appliqué à y_n et $y_m (m \geq n)$ donne $\big|\big(A(y_n - y_m), z\big)\big|^2 \leq 4n^{-1}(Az, z)$ pour $z \in \mathfrak{M}'$. Faisant $z = y_n - y_m$, il vient

$$\big\|A^{\frac{1}{2}}(y_n - y_m)\big\|^2 = \big(A(y_n - y_m), y_n - y_m\big) \leq 4n^{-1},$$

donc $A^{1/2} y_n$ converge fortement. Donc $A(x+y_n)$ converge fortement vers

---

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) L'ensemble $\mathcal{S}$ des opérateurs self-adjoints de l'espace hilbertien H n'est pas réticulé. Les théorèmes de cette Note permettent de suppléer dans certains cas à l'absence de cette propriété. Ils seront utilisés dans un travail sur les anneaux d'opérateurs.

un x'. (1) donne encore $|(A(x+y_n), z)|^2 \leqq n^{-1}(Az, z)$, d'où, quand $n \to \infty$, $(x', z) = 0$, $x' \in \mathfrak{M}$. Ensuite, $A^{1/2}(y_n - y_n^*)$ converge fortement vers un u, et $A(y_n - y_n^*) \to x' - x'^*$. D'où $x' - x'^* = A^{1/2}u$. Alors

$$0 = (y_n - y_n^*, x' - x'^*) = (y_n - y_n^*, A^{\frac{1}{2}}u) = (A^{\frac{1}{2}}(y_n - y_n^*), u) \to (u, u),$$

d'où $u = 0$, $x' - x'^* = A^{1/2}u = 0$.

Ce lemme prouve aussitôt la *linéarité* de l'opérateur A' défini dans $\mathfrak{M}$ par $A'x = x'$. Ensuite, (1) donne $|(A(x+y_n), y_n)|^2 \leqq n^{-1}(Ay_n, y_n)$. Comme (Ay_n, y_n) est borné (puisque $(A(x+y_n), x+y_n) \leqq f(x) + n^{-1}$ est borné), il en résulte $(A(x+y_n), y_n) \to 0$. D'autre part, $(A(x+y_n), x) \to (x', x) = (A'x, x)$. Enfin, $(A(x+y_n), x+y_n) \to f(x)$. Donc

$$(2) \qquad 0 \leqq (A'x, x) = f(x) \leqq (Ax, x).$$

Donc A' *est self-adjoint* $\geqq 0$ *borné* (²). Soit $A'' = A'P_{\mathfrak{M}}$. A'' est défini dans H, *self-adjoint* $\geqq 0$, *réduit par* $\mathfrak{M}$, *et induit* 0 *dans* $\mathfrak{M}'$. *On a* $A'' \leqq A$. Car, soit $t \in H$. On a $t = x + y$, avec $x \in \mathfrak{M}$, $y \in \mathfrak{M}'$, et

$$(A''t, t) = (A'x, x) = f(x) \leqq (A(x+y), x+y) = (At, t).$$

Enfin, *si* $B \in \mathfrak{S}$, $0 \leqq B \leqq A$, *est réduit par* $\mathfrak{M}$ *et induit* 0 *dans* $\mathfrak{M}'$, *on a* $B \leqq A''$. Car, avec les notations précédentes, $(Bt, t) = (Bx, x) = (B(x+y'), x+y')$ quel que soit $y' \in \mathfrak{M}'$, donc $(Bt, t) \leqq (A(x+y'), x+y')$, donc

$$(Bt, t) \leqq f(x) = (A''t, t).$$

A'' est donc l'opérateur du théorème.

Théorème 2. — *Soit* $\mathfrak{F} \subset \mathfrak{S}$ *un ensemble majoré et filtrant croissant* (³). $\mathfrak{F}$ *possède une borne supérieure* A *fortement adhérente à* $\mathfrak{F}$.

Démonstration (⁴). — Soit $T \in \mathfrak{F}$, et $\mathfrak{F}' \subset \mathfrak{F}$ l'ensemble des éléments de $\mathfrak{F}$ qui majorent T. $\mathfrak{F}$ et $\mathfrak{F}'$ ont mêmes majorants. $\mathfrak{F}'$ est majoré *et minoré*, on peut donc supposer $0 \leqq S \leqq 1$ pour $S \in \mathfrak{F}'$. Soient alors $S \in \mathfrak{F}'$, $S' \in \mathfrak{F}'$, avec $S \geqq S'$, et $f \in H$. On a

$$(2) \quad \|(S-S')f\|^4 = ((S-S')f, (S-S')f)^2 \leqq ((S-S')f, f)((S-S')^2 f, (S-S')f) \; (^5)$$
$$\leqq ((S-S')f, f)\|(S-S')^2 f\| \|(S-S')f\| \leqq ((S-S')f, f)\|f\|^2.$$

(²) Car (2), appliqué à $x+w$ et $x-w$ ($x \in \mathfrak{M}$, $w \in \mathfrak{M}$) prouve que $(A'x, w) + (A'w, x)$ est réel; changeant x en ix, on en conclut que $(A'x, w)$ et $(A'w, x)$ sont imaginaires conjugués : A' est self-adjoint.

(³) Ce qui veut dire : si $S \in \mathfrak{F}$ et $S' \in \mathfrak{F}$, il existe un $S'' \in \mathfrak{F}$ avec $S'' \geqq S$, $S'' \geqq S'$.

(⁴) L'idée essentielle se trouve dans J. P. Vigier, *Étude sur les suites infinies d'opérateurs hermitiens*, *Thèse*, Genève, 1946. Vigier prouve, à l'aide de (2), que toute suite croissante majorée d'opérateurs self-adjoints converge fortement.

(⁵) A cause de l'inégalité $|(Kf, g)|^2 \leqq (Kf, f)(Kg, g)$, où $K \in \mathfrak{S}$, $K \geqq 0$.

Les nombres $(\mathrm{R}f, f)$, où $\mathrm{R} \in \mathcal{F}'$, sont bornés supérieurement. Donc, pour tout $\varepsilon > 0$ existe un $\mathrm{S}_\varepsilon \in \mathcal{F}'$ tel que $\mathrm{S} \geq \mathrm{S}' \geq \mathrm{S}_\varepsilon$ entraîne $((\mathrm{S}-\mathrm{S}')f, f) \leq \varepsilon$, donc $\|\mathrm{S}f - \mathrm{S}'f\|^4 \leq \varepsilon \|f\|^2$; si $\mathrm{S} \geq \mathrm{S}_\varepsilon$, $\mathrm{S}' \geq \mathrm{S}_\varepsilon$, il existe un $\mathrm{S}'' \in \mathcal{F}'$ avec $\mathrm{S}'' \geq \mathrm{S} \geq \mathrm{S}_\varepsilon$, $\mathrm{S}'' \geq \mathrm{S}' \geq \mathrm{S}_\varepsilon$, d'où $\|\mathrm{S}f - \mathrm{S}'f\|^4 \leq 16\varepsilon \|f\|^2$. Soit $\mathcal{E}_\varepsilon$ l'ensemble des $\mathrm{S}f$ où $\mathrm{S} \in \mathcal{F}'$, $\mathrm{S} \geq \mathrm{S}_\varepsilon$. D'après ce qui précède, les $\mathcal{E}_\varepsilon$ forment une base de filtre de Cauchy, qui converge vers un $f' \in \mathrm{H}$.

Il est alors aisé de vérifier que l'application $f \to f'$ est un opérateur self-adjoint borné, soit A, qui majore $\mathcal{F}'$ donc $\mathcal{F}$, et est fortement adhérent à $\mathcal{F}'$ donc à $\mathcal{F}$. Si maintenant A′ majore $\mathcal{F}$, l'ensemble des minorants de A′, étant fortement fermé et contenant $\mathcal{F}$, contient A. Donc A est la borne supérieure de $\mathcal{F}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Questions d'existence au voisinage de la frontière d'une surface de Riemann.* Note (*) de M. **Leo Sario**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. On connaît plusieurs critères pour que la frontière d'une surface de Riemann donnée soit de mesure harmonique nulle (le type de la surface parabolique), notamment ceux des MM. Nevanlinna (1), Ahlfors (2) et Laasonen (3). Le but de cette Note est d'indiquer le rapport de ces critères avec une notion de module. Nous relions ces considérations à quelques questions d'existence au voisinage de la frontière.

Soient F une surface de Riemann arbitraire et F_0 un domaine compact de F, de complémentaire $\mathrm{G} = \mathrm{F} - \mathrm{F}_0$ connexe. On désigne par $\mathrm{H}_0\mathrm{B}$ (resp. $\mathrm{H}_0\mathrm{D}$) la classe des fonctions harmoniques uniformes non constantes, bornées (resp. à intégrale de Dirichlet finie) dans G, et s'annulant sur la frontière γ_0 de F_0. L'existence de ces fonctions est en rapport étroit avec certaines propriétés de la frontière des surfaces de Riemann (4).

Soit $\mathrm{F}_0 \subset \mathrm{F}_1 \subset \mathrm{F}_2 \subset \ldots$ une exhaustion de F, la frontière γ_n de F_n se composant d'un nombre fini de courbes simples fermées analytiques sans points communs avec γ_{n+1}. La différence $\mathrm{F}_{n+1} - \mathrm{F}_n$ est constituée par un nombre fini de morceaux de surface E_{ni}. Désignons par γ_{ni} (resp. γ'_{ni}) la partie commune des frontières de E_{ni} et F_n (resp. F_{n+1}) et par f_i la fonction harmonique dans E_{ni}, s'annulant sur γ_{ni} et prenant sur γ'_{ni} une valeur constante $\log\sigma_n (> 0)$ telle que $\sum_i \int_{\gamma_{ni}} dg_i = 2\pi$ $(s_i = f_i + ig_i)$. Les domaines E_{ni} convenablement coupés et les

(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A, 54, n° 3, 1940, p. 1-18.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 30.

(3) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A, I, n° 11, 1942, p. 1-5.

(4) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 42.

constantes arbitraires des g_i convenablement choisies, les fonctions $r_i = e^s$ effectuent une représentation conforme univalente de la différence $F_{n+1} - F_n$ sur une couronne à rayons 1 et σ_n. Nous dirons que σ_n est le module d'exhaustion de $F_{n+1} - F_n$.

THÉORÈME. — *Si le produit des modules d'exhaustion diverge, $\Pi\sigma_n \to \infty$, il n'existe aucune fonction* H_0B *ou* H_0D *sur* G. *En particulier, la condition* (1) *entraîne que la mesure harmonique de la frontière est nulle.*

Démonstration. — Soit d'abord u une fonction H_0B dans $G(|u| < M)$. Désignons par γ^h les courbes de niveau $f_i = h\,(0 \leq h \leq \log\sigma_n)$ et par F^h le domaine limité par γ_0 et γ^h. Pour l'intégrale de Dirichlet $D(u, F^h)$ on a, d'après l'inégalité de Schwarz, en écrivant $s = f + ig$ au lieu des $s_i = f_i = ig_i$,

$$D^2(u, F^h) = \left(\int_{\gamma^h} u\,dv\right)^2 \leq M^2 \int_{\gamma^h} \left|\frac{dv}{ds}\right|^2 df \int_{\gamma^h} df = 2\pi M^2 \frac{dD(u, F^h)}{dh}.$$

Par intégration de 0 à $\log\sigma_n$ et addition de $n = 1$ à $n = m - 1$ on obtient $[1/D(u, F_1)] - [1/D(u, F_m)] \geq (1/2\pi M^2)\log(\sigma_1 \ldots \sigma_{m-1})$. Ainsi, la condition $\Pi\sigma_n \to \infty$ entraîne $D(u, F_1) = 0$, ce qui signifie que la classe H_0B est vide et, en particulier, la mesure harmonique de la frontière s'annule. On sait qu'alors la classe H_0D est également vide. C. Q. F. D.

2. Soit x_i la fonction harmonique dans E_{ni}, s'annulant sur γ_{ni} et prenant sur γ'_{ni} une valeur constante $\log\mu_{ni}$ telle que $\int_{\gamma_{ni}} dy_i = 2\pi$ $(z_i = x_i + iy_i)$. On a $1/\log\sigma_n = \sum_i (1/\log\mu_{ni})$. Si, en particulier, les E_{ni} sont doublement connexes, formons dans chaque E_{ni} une chaîne d'éléments de surface dans une représentation paramétrique régulière au sens de Nevanlinna ([4]). Le nombre l_{ni} des éléments de la chaîne satisfait à l'inégalité $1/l_{ni} \leq c\log\mu_{ni}$ (c = const.) ([5]). On retrouve ainsi, d'après le théorème ci-dessus, en posant $l_n = \sum_i l_{ni}$, le théorème de Nevanlinna :

Si la somme $\Sigma(1/l_n)$ diverge, la surface est du type parabolique.

3. Soit sur F donnée une métrique conforme $dr = \alpha\,dt$ (t paramètre local), pour laquelle chaque point de F est à une distance infinie de la frontière de F. Étant donné un point fixe P de F, soit $\gamma(\rho)$ l'ensemble de points à distance ρ de P et $L(\rho)$ la longueur de $\gamma(\rho)$, dans la métrique donnée. Choisissons pour les frontières γ_n d'une exhaustion F_n de F les courbes $\gamma(n)$. Si F_ρ est le domaine limité par $\gamma(\rho)$, on a pour $n \leq \rho \leq n + 1$, en employant les notations du n° 1,

$$4\pi^2 = \left(\int_{\gamma(\rho)} dg\right)^2 \leq \left(\int_{\gamma(\ )} \left|\frac{ds}{dt}\right| |dt|\right)^2 \leq \frac{dD(s, F_\rho)}{d\rho} L(\rho).$$

([5]) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A. I, n° 50, 1949, p. 27.

Par intégration de n à $n+1$ et addition de $n=1$ à $n=\infty$, nous obtenons, d'après le théorème du n° 1, le théorème de Laasonen, démontré en premier lieu, pour les surfaces simplement connexes, par Ahlfors :

Si l'intégrale $\int^{\infty}\frac{d\rho}{L(\rho)}$ *diverge, la surface est du type parabolique.*

4. Considérons enfin sur G l'existence de fonctions A_0D, analytiques uniformes non constantes, dont la partie réelle s'annule sur γ_0. Avec les notations du n° 2, posons $\mu_n = \min \mu_{ni}$.

Si le produit $\Pi\mu_n$ *diverge, il n'existe dans* G *aucune fonction* A_0D.

Démonstration. — Soit $w=u+iv$ une fonction A_0D. Nous avons, en désignant par β_i les courbes de niveau $x_i = k(0 \leqq k \leqq \log\mu_n)$, par F^k le domaine limité par γ_0 et les β_i, et par u_i la valeur de u en un point arbitrairement fixé de β_i,

$$D(w, F^k) = \sum_i \int_{\beta_i} (u-u_i)dv \leqq \sum_i \left(\int_{\beta_i}\left|\frac{dv}{dy_i}\right| dy_i\right)^2 \leqq 2\pi\frac{dD(w, F^k)}{dk}.$$

Comme, pour $k=\log\mu_n$, $F^k \subset F_{n+1}$, on a $(\log\mu_n)/2\pi \leqq \log(D_{n+1}/D_n)$, d'où la proposition.

La même démonstration vaut aussi pour le théorème 1 de notre thèse ([5]) qui se prouve ainsi plus rapidement.

GÉOMÉTRIE. — *Sphères associées à un polygone gauche dont les sommets sont cosphériques.* Note de M. **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Ed. Lucas a énoncé cette proposition ([1]) :

Si dans un polygone inscrit d'un nombre pair de côtés, le produit des côtés de rang pair est égal à celui des côtés de rang impair, on peut inscrire une couronne de cercles tangents, consécutifs et tangents au cercle circonscrit aux sommets du polygone, quel que soit le premier cercle,

que l'on peut étendre de la manière suivante à un polygone gauche.

Théorème. — *Si un polygone gauche d'un nombre pair de côtés, inscrit à une sphère, est tel que le produit des côtés de rang pair est égal à celui des côtés de rang impair, on peut inscrire et circonscrire une couronne de sphères tangentes, consécutives et tangentes à la sphère aux sommets du polygone, quelle que soit la première sphère.*

Soient $(P) \equiv A_1, A_2, \ldots, A_{2n}$ le polygone donné, inscrit à une sphère (O, R), pour lequel on a, par hypothèse,

$$A_2A_3.A_4A_5.\ \ldots\ .A_{2n}A_1 = A_1A_2.A_3A_4.\ \ldots\ .A_{2n-1}A_{2n}; \tag{1}$$

([1]) En signalant ce théorème à E. Lemoine, l'auteur s'exprimait ainsi : « J'ai trouvé ces jours-ci un théorème qui peut être considéré comme fort difficile si l'on ne prend le droit sentier qui y conduit ». (*Mathesis*, 2e série, 2, 1892, p. 264.)

(O_1, R_1) la sphère tangente en A_1 à (O). On construit successivement les sphères (O_2, R_2), ..., (O_{2n}, R_{2n}) de manière que chacune d'elles soit tangente à la précédente et à la sphère (O, R) au sommet correspondant de (P). Il est évident que les sphères (O_1), (O_2), ..., (O_{2n}) sont *toutes* intérieures ou extérieures à (O).

D'autre part, il est clair que les points de contact A_k et A_{k+1} $(1 \leqq k \leqq 2n-1)$, sont l'un des points de contact d'un des cercles tritangents du triangle $O\,O_k\,O_{k+1}$. Par suite, R_k, R_{k+1} et O désignant les rayons des sphères (O_k), (O_{k+1}) et l'angle au sommet du triangle isocèle $O\,O_k\,O_{k+1}$.

$$\sin^2 O = \frac{R_k R_{k+1}}{(R \pm R_k)(R \pm R_{k+1})},$$

suivant que les sphères (O_k), (O_{k+1}) sont intérieures ou extérieures à (O). Donc

$$(2) \qquad \overline{A_k A_{k+1}}^2 = 4R^2 \frac{R_k R_{k+1}}{(R \pm R_k)(R \pm R_{k+1})},$$

et, d'après (1),

$$\overline{A_1 A_{2n}}^2 = 4R^2 \frac{R_1 R_{2n}}{(R \pm R_1)(R \pm R_{2n})}, \qquad \sin^2 \frac{A_1 O A_{2n}}{2} = \frac{R_1 R_{2n}}{(R \pm R_1)(R \pm R_{2n})}.$$

La supposition que le cercle tritangent considéré du triangle $O_1 O O_{2n}$ touche OO_1, OO_{2n} en M_1, M_{2n} conduirait à l'égalité

$$OA_1 . OA_{2n} = R_1 . R_{2n} = O_1 M_1 . O_{2n} M_{2n},$$

ce qui est impossible et $M_1 \equiv A_1$, $M_{2n} \equiv A_{2n}$; les sphères (O_1) et (O_{2n}) sont donc tangentes. Réciproquement, si (O_1), (O_2), ..., (O_{2n}) sont tangentes, leurs points de contact A_1, ..., A_{2n} avec (O) sont les sommets d'un polygone (P), en vertu des égalités de la forme (2).

N. B. — L'égalité (1) ne change pas dans l'inversion, ce qui permet de construire (P) connaissant (O) et un sommet.

2. Si les sphères (O_2), ..., (O_{2n}) sont tangentes et touchent, à la fois, les sphères (O) et (O_1), une inversion (A_1, k) les transforme en des sphères tangentes, égales entre elles, qui touchent les plans (Q), (Q_1) transformés de (O), (O_1). Ceci permet une construction très simple des sphères (O_2), ..., (O_{2n}), et de donner les expressions

$$R_2 = \frac{abR}{2aR \pm ab} = \frac{bdR}{2eR \pm bd} = \frac{cdR}{2b'R \pm cd} = \ldots, \qquad R_3 = \frac{caR}{2aR \pm ca} = \ldots,$$

des rayons de ces sphères, en posant

$$A_2A_3 = a, \quad A_1A_2 = b, \quad A_1A_3 = c, \quad A_1A_4 = d, \quad A_2A_4 = e, \quad A_3A_4 = b', \quad \ldots.$$

Il en résulte aussi que *les sphères* (Ok) *de la couronne extérieure sont les trans-*

formées de celles de la couronne intérieure par l'inversion (O, R^2) et que *les* $2n$-3 *tétraèdres* $A_1A_2A_3A_4$, $A_1A_3A_4A_5$, ..., *sont isodynamiques.*

Enfin, si $n=2$, on retrouve les sphères d'un tétraèdre *isodynamique* que nous avons signalées pour la première fois en 1935 et auxquelles nous avons attaché le nom d'Ed. Lucas ([2]).

3. Tout ce qui précède s'étend aux sphères (O_1), ..., O_{2n}) qui, au lieu d'être tangentes, se coupent sous un même angle.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la résolution de l'équation radiale des atomes hydrogénoïdes.* Note (*) de M. **Émile Durand**, présentée par M. Louis de Broglie.

La méthode proposée nous paraît plus commode que la méthode des polynomes de Sommerfeld et s'harmonise mieux avec les raisonnements généraux de la mécanique ondulatoire.

Quand $E<0$, si l'on pose

$$\alpha=\frac{2\pi}{h}\sqrt{-2mE},\qquad n=\frac{4\pi^2 mZe^2}{\alpha h^2},\qquad \rho=2\alpha r,\qquad S(r)=rR(r),$$

on a l'équation radiale

$$\rho\left[\frac{1}{4}+\frac{l(l+1)}{\rho^2}-\frac{d^2}{d\rho^2}\right]S_{n,l}=nS_{n,l}. \tag{1}$$

Introduisons les opérateurs

$$A(a)=\left[\frac{1}{2}-\frac{a}{\rho}-\frac{d}{d\rho}\right],\qquad B(b)=\left[\frac{1}{2}-\frac{b}{\rho}+\frac{d}{d\rho}\right].$$

On vérifie aisément que l'on a entre ces opérateurs les relations

$$\left\{\begin{array}{ll}\rho^k A(a)=A(a-k)\rho^k, & A(a)A(a')=A(a'+1)A(a-1);\\ \rho^k B(b)=B(b+k)\rho^k, & B(b)B(b')=B(b'-1)B(b+1);\\ \multicolumn{2}{c}{A(a)B(b)-B(b)A(a)=-\dfrac{a+b}{\rho^2}.}\end{array}\right. \tag{2}$$

En particulier $A(a)$ et $B(-a)$ commutent entre eux. On notera que $A(a)$ et $B(a)$ sont des opérateurs adjoints.

Avec ces opérateurs (1) prend la forme

$$\rho A(l+1)B(l+1)S_{n,l}=(n-l-1)S_{n,l}. \tag{3}$$

([2]) *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, 55, p. 123. En réalité, les cercles de Lucas d'un triangle n'appartiennent pas à ce géomètre. On les rencontre, en effet, pour la première fois dans le *Journal de* Vuibert, 3, 1879, p. 92, sans nom d'auteur.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

Multiplions (3) par $S_{n,l}^{*}\rho^{-1}$ et sommons de o à $+\infty$. Comme $A(l+1)$ est l'adjoint de $B(l+1)$ on peut écrire

$$\int_0^\infty [B(l+1)S_{n,l}]^*[B(l+1)S_{n,l}]\,d\rho = (n-l-1)\int_0^\infty \rho^{-1}S_{n,l}^{*}S_{n,l}\,d\rho;$$

comme les intégrales sont toujours positives ou nulles on en déduit que l'on doit avoir $n \geqq l+1$. Voyons si la valeur $n=l+1$ peut convenir; (3) se réduit alors à

$$B(l+1)S_{l+1}=0, \qquad \text{qui donne} \quad S_{l+1,l}=\rho^{l+1}e^{-\frac{\rho}{2}}.$$

Cette fonction s'annule aux limites o, ∞, est partout finie et continue; elle convient donc pour une fonction d'onde. La plus petite valeur de la constante n est donc le nombre entier $(l+1)$.

L'équation (1) peut s'écrire de 3 autres manières, soit

(4) $$\rho B(l)A(l)S_{n,l}=(n-l)S_{n,l},$$

(5) $$\rho B[-(l+1)]A[-(l+1)]S_{n,l}=(n+l+1)S_{n,l},$$

(6) $$\rho A(-l)B(-l)S_{n,l}=(n+l)S_{n,l}.$$

Mais on ne peut recommencer, sur ces équations, le raisonnement qui nous a conduit à $n \geqq l+1$, car lorsque les seconds membres sont nuls elle admettent respectivement les solutions

$$\rho^{-l}e^{+\frac{\rho}{2}}, \qquad \rho^{l+1}e^{+\frac{\rho}{2}}, \qquad \rho^{-l}e^{-\frac{\rho}{2}},$$

qui ne peuvent constituer des fonctions d'ondes.

Appliquons à (4) l'opérateur $\rho A(-l)A(l)$. En vertu des relations (2) on peut écrire successivement

(7) $$\left\{\begin{aligned} (n-l)\underbrace{\rho A(-l)A(l)S_{n,l}} &= \rho A(l+1)A(-l-1)\rho B(l)A(l)S_{n,l}, \\ &= \rho A(l+1)\rho A(-l)B(l)A(l)S_{n,l}, \\ &= \rho A(l+1)\rho B(l)A(-l)A(l)S_{n,l}, \\ &= \rho A(l+1)B(l+1)\underbrace{\rho A(-l)A(l)S_{n,l}}. \end{aligned}\right.$$

D'autre part, si l'on remplace n par $(n+1)$ dans (3) on a

(8) $$(n-l)S_{n+1,l}=\rho A(l+1)B(l+1)S_{n+1,l}.$$

En comparant (7) et (8) on en conclut que $\rho A(-l)A(l)S_{n,l}$ est une fonction propre correspondant à la valeur propre $(n+1)$. On peut donc écrire à un facteur de normalisation près

(9) $$S_{n+1,l}=\rho A(-l)A(l)S_{n,l}.$$

En développant l'opérateur et en tenant compte de (1) on trouve que (9) peut encore s'écrire

(10) $$S_{n+1,l}=\rho A(n)S_{n,l}.$$

Pour une valeur de l, la constante n prend donc la suite des valeurs entières $l+1, l+2, l+3, \ldots, \infty$. Pour une valeur donnée de n on a $l=0, 1, 2, \ldots (n-1)$. Comme la fonction $S_{l+1,l}$ est connue on aura toutes les autres fonctions en appliquant successivement les formules (9) ou (10). Pour le calcul de toutes les valeurs moyennes les relations (9) ou (10) sont beaucoup plus commodes que les formes polynomiales obtenues par la méthode de Sommerfeld.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Principe de décomposition spectrale et valeurs moyennes en mécanique ondulatoire du photon.* Note de M. **Serge Slansky**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour appliquer le principe de décomposition spectrale dans la mécanique ondulatoire du photon de M. Louis de Broglie [1], on admet généralement que les fonctions propres intervenant dans le développement spectral doivent être normées en $\frac{\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4}{2}$ c'est-à-dire satisfaire à des relations de la forme

$$\int \varphi_n^* \frac{\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4}{2} \varphi_n \, d\tau = 1 \qquad (d\tau = dx\, dy\, dz). \tag{1}$$

D'autre part, pour des grandeurs dont l'opérateur F est la somme d'un opérateur $F^{(1)}$ qui n'agit que sur le premier indice des composantes Φ_{ik} de la fonction d'ondes Φ et d'un opérateur $F^{(2)}$ qui n'agit que sur le second, les valeurs moyennes sont calculées par la formule

$$\overline{F} = \int \Phi^* \left(\frac{F^{(1)}\mathcal{B}_4 + F^{(2)}\mathcal{A}_4}{2} \right) \Phi \, d\tau. \tag{2}$$

Dans certains cas, l'application du principe de décomposition spectrale avec la formule de normalisation (1) conduit à des résultats qui ne sont pas exactement les mêmes que ceux que nous pourrions déduire de la formule (2). Par exemple, si $F = \mathcal{A}_4 + \mathcal{B}_4$, nous trouvons d'après la formule (1) une densité de valeur moyenne de la forme $\Phi^*\left(1+\frac{\mathcal{A}_4\mathcal{B}_4}{2}\right)\Phi$, tandis que la formule (2) conduirait plutôt à $\Phi^*\mathcal{A}_4\mathcal{B}_4\Phi$

Certaines considérations d'invariance relativiste nous font penser que, physiquement, l'expression la plus adéquate serait la seconde. La formule (2) aurait donc une validité plus générale que la formule (1). Pour que l'expression (2) de la valeur moyenne soit en accord avec le principe de décomposition spectrale, il suffirait d'admettre que les fonctions propres de $F^{(1)}$ sont normées en $\mathcal{B}_4$ tandis que celles de $F^{(2)}$ sont normées en $\mathcal{A}_4$. Si l'on admet un tel procédé, il paraît difficile d'attribuer dans tous les cas le sens physique d'une densité de probabilité de présence à l'expression

[1] *Une nouvelle théorie de la lumière*, Paris, 1940.

$\Phi^*[(\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4)/2]\Phi$. Cependant, on peut noter que dans le cas d'une onde plane monochromatique, les expressions $\Phi^*\mathcal{A}_4\Phi$, $\Phi^*\mathcal{B}_4\Phi$, et $\Phi^*[(\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4)/2]\Phi$ sont équivalentes, et qu'en général elles donnent la même intégrale si Φ satisfait les équations d'ondes du photon, par suite de la relation

$$\int \Phi^* \frac{\mathcal{A}_4-\mathcal{B}_4}{2}\Phi\, d\tau = 0.$$

Il y aurait donc une certaine indétermination sur la densité de probabilité de présence du photon. Toutefois, ceci ne paraît pas introduire de difficultés nouvelles dans la théorie, car dans le cas de l'onde plane monochromatique les diverses expressions que l'on peut donner de cette densité sont équivalentes, et dans le cas général ces expressions n'étant pas définies positives n'ont plus un sens physique direct et servent seulement à définir la normalisation des ondes.

Pour l'application du principe de décomposition spectrale, l'introduction de deux sortes de normalisations pour les fonctions propres pourrait s'expliquer par le fait que le photon étant en réalité une particule complexe, la contraction de Lorentz qui intervient dans sa structure interne se manifeste dans les résultats de mesures par un terme correctif qui peut dépendre de la grandeur considérée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les équations de la théorie des champs spinoriels non localisables* Note (*) de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

La théorie des champs spinoriels non localisables ([1]), ([2]), ([3]) envisage les champs comme grandeurs qui dépendent à la fois des opérateurs de positions x^ν et des opérateurs de déplacement p^μ. Mais tandis que l'établissement des équations relativistes, auxquelles obéit un champ non localisable scalaire, ne semble se heurter à aucune difficulté, il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de champs spinoriels ([2]), et celles, que vient proposer Yukawa encore tout récemment, ne nous semblent guère entièrement satisfaisantes et ceci pour deux raisons suivantes.

En premier lieu, comme nous l'avons montré dans notre Note précédente ([3]), les équations de la théorie scalaire admettent, comme solutions particulières, des expressions de la forme $\Omega(x,p)=\xi(x)\pi(p)$, où $\xi(x)$, et $\pi(p)$ sont certaines solutions de la mécanique ondulatoire ordinaire et de la mécanique ondula-

---

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) H. Yukawa, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 300.

([2]) H. Yukawa, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1731.

([3]) B. Kwal, *romptes Rendus*, 230, 1950, p. 184.

tion réciproque, respectivement, de sorte que, l'introduction du spin peut, *a priori*, se faire indépendamment et d'une manière différente dans l'espace des x et dans celui des p.

En second lieu, si nous sommes d'accord que l'on puisse écrire à la place des équations de Dirac, les équations suivantes :

(1) $$[p_\mu, \gamma^\mu \Omega] + imc\Omega = 0 \quad (^1), \qquad [A, B] = AB - BA,$$

(1') $$\gamma^\mu \gamma^\nu + \gamma^\nu \gamma^\mu = 2\,\delta^{\mu\nu},$$

nous pensons que lorsqu'il s'agit des équations réciproques, faisant intervenir un opérateur x^μ du genre *espace* et non du genre *temps*, comme l'est p^μ, des précautions spéciales doivent êtres prises pour établir la forme des équations d'onde correspondantes.

Mais tout d'abord, on vérifie aisément que le système (1) est compatible avec le système

(2) $$\big[x_\mu, [x^\mu, \Omega]\big] - \lambda^2\Omega = 0, \qquad \big[x_\mu, [p^\mu, \Omega]\big] \equiv \big[p^\mu, [x_\mu, \Omega]\big] \equiv 0,$$

c'est-à-dire, qu'on peut envisager une particule ayant un spin dans l'espace des x, mais non dans l'espace des p.

D'autre part, lorsque l'opérateur x^μ est du genre *temps*, l'équation

(3) $$[x^\mu, \gamma_\mu \Omega] + i\lambda\Omega = 0$$

peut être rendue compatible avec l'équation (1). En effet, cette compatibilité exige que l'on ait

$$\gamma_\nu \gamma^\mu \big[x^\nu, [p_\mu, \Omega]\big] = \gamma^\mu \gamma_\nu \big[p_\mu, [x^\nu, \Omega]\big]$$

et comme les expressions entre crochets sont égales, on doit avoir, en vertu de la relation (1'), comme condition de compatibilité

(4) $$\big[p_\mu [x^\nu, \Omega]\big] - \big[p^\nu, [x_\mu, \Omega]\big] = 0.$$

Dans la représentation où les x sont diagonaux et en posant $X = (x' + x'')/2$ et $r = x'' - x'$, les équations (1), (3) et (4) montrent que l'on a, dans le référentiel au repos, $r_1 = r_2 = r_3 = 0$, $r_4 = i\lambda$, et que les solutions $U(X, r)$ ne sont différentes de zéro qu'à l'extrémité d'un intervalle de temps $\tau = \lambda/C$.

Si de telles solutions peuvent convenir à la théorie des corpuscules éphémères, pour lesquels la donnée de durée de vie propre jouerait le rôle analogue à celle d'un rayon fini d'un corpuscule stable, c'est un problème que nous allons pour le moment laisser de côté.

---

(1) Dans cette équation on sous-entend que tous les opérateurs agissent sur des fonctions $f(x)$ de l'espace des x [et sur des fonctions $g(p)$ de l'espace des p]. On vérifie que lorsque le champ Ω ne dépend pas de p et se réduit donc à $\Psi(x)$, cette dernière grandeur satisfait à l'équation ordinaire de Dirac, d'où la fonction $f(x)$ s'élimine. On trouve, en effet, dans ce cas $f(x)\,(\gamma^\mu p_\mu \Psi + imc\Psi) = 0$.

Reste la question de savoir de quelle manière on doit écrire les équations d'onde, relatives à l'opérateur x^μ, lorsque celui-ci est un vecteur du genre *espace*.

Pour y répondre, nous allons nous servir d'une règle, que nous avons établie en 1936 ([5]), selon laquelle *les équations de Dirac s'obtiennent de la représentation cayléenne de la transformation de Lorentz, appliquée au quadrivecteur quantité de mouvement-énergie* $PS = S^*P'$ *en considérant le passage du référentiel de l'observateur au référentiel propre du corpuscule* $P' = (0, 0, 0, imc)$, *et en remplaçant les composantes* P_ν *par les opérateurs quantiques* $(i/\hbar)\partial_\nu$

(5) $$PS = imc\, S^*.$$

En étendant la même règle au vecteur du genre espace x^μ, qui, dans le référentiel propre est représenté par un vecteur $r_k (k = 1, 2, 3)$ tel que $r_k r^k = \lambda^2$, la formule de Cayley nous donne :

(6) $$XS = S^*R, \qquad R = (r_1, r_2, r_3, 0).$$

Mais, les transformations algébriques qui permettent de donner aux équations (5) la forme simple de Dirac, ne réussissent plus dans le cas de l'équation (6), où interviennent à la fois les fonctions Ψ de Dirac et leurs complexes conjuguées. On peut alors introduire une représentation à 8 lignes et à 8 colonnes, relative à une fonction $\Psi(\psi, \psi^*)$ ou, ce qui revient au même, relative à une grandeur demi-vectorielle réelle à 8 composantes ([6]).

Les équations (6) et leurs complexes conjuguées s'écrivent alors :

(7) $$(\Gamma^\mu x_\mu - r_k \Gamma'^k)\Psi = 0, \qquad r_k r^k = \lambda^2 \qquad (\mu = 1, 2, 3, 4;\ k = 1, 2, 3,$$

Γ^μ et Γ'^k étant deux systèmes de matrices de Dirac de rang 8, qui commutent entre eux.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la quantification du champ métrique et les interactions particules-champs. I. Application au champ électrique.* Note (*) de M. **Antonio Gião**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le problème de l'interaction particules-champs et la question connexe des énergies propres ont été renouvelés par les récentes recherches de M. L. de Broglie ([1]). Partant de notre théorie unitaire ([2]), nous avons pu établir une

([5]) B. Kwal, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 983; *Journal de Physique*, 8, 1937, p. 81.

([6]) B. Kwal, *Journal de Physique*, 7, 1936, p. 223.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 157, 269, 401; *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 862; *Portugaliae Mathematica*, 8, 1949, p. 37-58.

([2]) *Portugaliae Physica*, 2, 1946, p. 1-98; *Portugaliae Mathematica*, 5, 1946, p. 145-192; *ibid.*, 6, 1947, p. 67-114; *ibid.*, 7, 1948, p. 1-44; *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 764-768; *J. Phys. Rad.*, 10, 1949, p. 240-249.

méthode de quantification des champs métriques qui conduit simplement aux nouveaux potentiels de M. de Broglie et permet, croyons-nous, de préciser les propriétés des particules et des forces électromagnétiques et nucléaires.

1. Soit une particule isolée dont le mouvement *moyen* est nul dans un référentiel x^i. Ses états quantiques peuvent être divisés en deux classes : 1° celle où les transitions entre états s'accompagnent toujours de l'émission ou de l'absorption de rayonnement (électromagnétique et gravifique) par la particule ; 2° celle où les transitions correspondantes ne s'accompagnent pas de rayonnement. Soient T_{ik}, U_{ik} les tenseurs de densité d'énergie-impulsion matérielle et électrique ; g_{ik}, ω_{ik} les tenseurs métriques interne et externe de l'espace-temps ; $T = g^{ik}T_{ik}$ et $U = \omega^{ik}U_{ik}$ (avec $\omega^{ij}\omega_{jk} = \delta^i_k$). Associons la quantification des g_{ik} et ω_{ik} de la particule à la quantification de ses T_{ik} et U_{ik} par les relations

$$(1)\qquad T_{ik}^{(lm)} = \frac{1}{4}T^{(l)}g_{ik}^{(lm)} \qquad U_{ik}^{(lm)} = \frac{1}{4}U^{(l)}\omega_{ik}^{(lm)},$$

avec $l = 1$ pour les états sans rayonnement et $l = 2$ pour les états de rayonnement ; de plus, l'indice m sert à distinguer les états quantiques de chacune des deux classes $l = 1$ et $l = 2$. Les relations (1) expriment l'hypothèse fondamentale de notre méthode de quantification du champ métrique (d'une particule).

La linéarisation des équations du champ métrique interne et externe, pour les champs faibles, donne ([2])

$$(2)\qquad \begin{cases} \square\, g_{ik} = -\dfrac{16\pi K}{c^2}\left(T_{ik} - \dfrac{1}{2}T g_{ik}\right) - \lambda_g g_{ik}, \\ \square\, \omega_{ik} = -\left\{\dfrac{16\pi K_\omega}{c^2}\left(U_{ik} - \dfrac{1}{2}U\omega_{ik}\right) + \lambda_\omega \omega_{ik}\right\}\chi_0, \end{cases}$$

($\square$ dalembertien ; K, K_ω constantes de la gravitation et de l'électricité ; λ_g, λ_ω constantes cosmologiques gravifique et électrique ; χ_0 courbure moyenne de l'hypersphère de De Sitter la plus proche du domaine d'espace-temps considéré). Les relations (1) donnent donc

$$(3a,\ b)\qquad \square\, g_{ik}^{(lm)} = \left(\frac{4\pi K}{c^2}T^{(l)} - \lambda_g\right)g_{ik}^{(lm)}; \qquad \square\, \omega_{ik}^{(lm)} = \chi_0\left(\frac{4\pi K_\omega}{c^2}U^{(l)} - \lambda_\omega\right)\omega_{ik}^{(lm)}.$$

2. En cherchant pour les $\omega_{44}^{(lm)}$ des solutions de la forme $\omega_{44}^{(lm)}(r)$ (r distance spatiale à la particule), on obtient

$$(4)\qquad \Delta\omega_{44}^{(lm)} = \eta_l^2\,\omega_{44}^{(lm)}; \qquad \eta_l^2 = \chi_0\left(\frac{4\pi K_\omega}{c^2}U^{(l)} - \lambda_\omega\right).$$

Désignons par $\langle\omega_{44}\rangle$ la valeur observable, c'est-à-dire la moyenne quantique

$$(5)\qquad \langle\omega_{44}\rangle = \sum_l \sum_m c_{lm}^2\,\omega_{44}^{(lm)} + (\omega_{44})_{r\to\infty},$$

de ω_{44}, les c_{lm}^2 étant les probabilités des différents états. Des solutions sphériques

de (4) et des conditions : 1° $\langle \omega_{44} \rangle \to \chi_0$ pour $r \to \infty$; 2° $\langle \omega_{44} \rangle$ fini pour $r \to 0$, on déduit facilement

$$(6) \qquad \langle \omega_{44} \rangle = \chi_0 + \mu_\omega \left(\frac{e^{-\eta_1 r} - e^{-\eta_2 r}}{r} \right),$$

μ_ω étant donné par

$$\mu_\omega = \sum_m c_{1m}^2 a_{1m} = -\sum_m c_{2m}^2 a_{2m},$$

[a_{lm} coefficients constants des solutions de (4)].

3. D'après notre théorie unitaire ([2]), le champ électromagnétique F_{ik} est donné par

$$(7) \qquad F_{ik} = \frac{\partial A_i}{\partial x^k} - \frac{\partial A_k}{\partial x^i},$$

le potentiel scalaire $V \equiv A_4$ et le potentiel vecteur A_i ayant les valeurs

$$(8) \qquad V = \frac{(m_0)_e c^2}{2e\chi_0} [\langle \omega_{44} \rangle - \chi_0]; \quad A_i = -\frac{(m_0)_e c^2}{e\chi_0} \langle \omega_{4i} \rangle,$$

[$(m_0)_e$ et e désignant la masse propre et la charge de l'électron]. De (6) on déduit donc

$$(9) \qquad V = \left[\frac{(m_0)_e c^2}{2e\chi_0} \mu_\omega \right] \frac{e^{-\eta_1 r} - e^{-\eta_2 r}}{r}.$$

Le potentiel V est identique au nouveau potentiel de M. de Broglie ([1]), la charge ε étant donnée par $(m_0)_e c^2 \mu_\omega / 2e\chi_0$. Ce potentiel est d'ailleurs la différence d'un potentiel quasi coulombien et d'un potentiel de Yukawa. En effet, les états sans rayonnement ($l = 1$) sont évidemment caractérisés par $\Box \omega_{ik}^{(lm)} \simeq 0$ (absence de sources de rayonnement), ce qui correspond à $\eta_1 \simeq 0$, par suite de (3 b) et (4). La condition $\eta_1 \simeq 0$ signifie, comme on sait ([3]), que la masse propre du photon est voisine de zéro.

MAGNÉTISME. — *Les coefficients de champ moléculaire des ferrites mixtes de nickel et de zinc.* Note (*) de MM. **Louis Néel** et **Pierre Brochet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié, au-dessus du point de Curie, la susceptibilité magnétique d'une série de ferrites mixtes de nickel et de zinc, par la méthode d'attraction dans un champ non uniforme, avec une balance de translation du type Foëx et Forrer ([1]). Les différents étalonnages ont été effectués par comparaison avec

---

([3]) L. de Broglie, *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs*, Chap. V.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) *J. de Physique et Radium*, 7, 1926, p. 180.

un échantillon de nickel pur étudié avec une grande précision par M. Fallot. Quelques-uns des résultats sont donnés dans le tableau I. Les susceptibilités moléculaires χ_M sont rapportées à la molécule Fe_2O_3, xNiO, $(1-x)$ZnO et les points ont été reportés dans l'ordre où ils ont été obtenus.

TABLEAU I.

$x = 1,00$.		$x = 0,80$.		$x = 0,40$.		$x = 0,30$.	
$t°$C.	$1:\chi_M$.	$t°$C.	$1:\chi_M$.	$t°$C.	$1:\chi_M$.	$t°$C.	$1:\chi_M$.
698,3	196,5	670,8	175,8	432,7	80,8	462,8	91,2
790,2	232,9	776,0	206,2	575,2	130,7	620,5	127,8
896,5	251,6	864,5	225,6	717,1	166,6	376,6	65,0
993,2	263,4	968,7	243,6	810,2	186,8	320,1	45,7
947,1	257,8	1010,4	249,0	925,0	209,0	254,7	23,2
847,3	243,6	603,7	147,6	1036,1	226,8	210,5	11,2
716,7	206,2	489,6	46,3	976,0	217,9	743,5	152,5
625,3	105,0	486,1	40,5	668,8	155,6	869,5	176,2
610,2	52,0	476,1	27,5	499,1	106,8	976,6	195,1
649,9	150,3	539,7	100,8	394,5	62,7	298,7	36,5
621,9	93,1	924,0	235,7	327,7	30,3	407,0	75,1
608,3	38,8	730,0	195,9	875,2	198,1	532,5	109,2
755,0	221,0	988,4	245,7				

Nous avons essayé de représenter ces résultats par une formule de type hyperbolique

$$\frac{1}{\chi_M} = \frac{T}{C} + \frac{1}{\chi_0} - \frac{\sigma}{T-\theta}, \tag{1}$$

suggérée antérieurement par l'un de nous dans un Mémoire ([2]) que nous désignerons ultérieurement par la référence F et dont nous utiliserons les notations. Comme constante de Curie C, nous choisissons la valeur correspondant à tous les ions Fe et Ni contenus dans une molécule-gramme, mais en négligeant le moment orbital. La méthode de détermination de χ_0, σ et θ a déjà été décrite antérieurement (F, § 26). Le Tableau II rassemble les résultats obtenus. Avec ces valeurs, la formule (1) représente les résultats expérimentaux à 3 °/₀₀ près, sauf au voisinage du point de Curie, où interviennent les fluctuations du champ moléculaire.

TABLEAU II.

x.	C.	$\frac{1}{\chi_0}$.	σ.	θ°K.	n.	α.	β.
1,00.........	9,76	139,6	1 820	950	240	−0,209	−0,148
0,80.........	9,56	139,7	14200	713	235	−0,475	−0,161
0,40.........	9,16	141,7	59000	279	284	−1,16	−0,149
0,30.........	9,06	171,2	207000	−565	413	−3,08	−0,139

([2]) L. NÉEL, *Ann. de Physique*, 3, 1948, p. 137.

A l'aide de ces données et en supposant que tous les ions Zn occupent des sites tétraèdriques A et tous les ions Ni des sites octaèdriques B, nous avons calculé les trois coefficients de champ moléculaire n, α et β qui caractérisent en première approximation un ferrite (F, § 31). Parmi les deux jeux possibles de solutions, nous avons choisi celui qui permet la meilleure représentation de la variation thermique de l'aimantation spontanée : nous avons utilisé pour cela les mesures de C. Guillaud ([3]). Les trois dernières colonnes du Tableau II indiquent les résultats obtenus.

Rappelons qu'en désignant par $\vec{M}_a$ et $\vec{M}_b$ les aimantations, par molécule-gramme, des ions placés sur les sites A et les sites B, les champs moléculaires agissant sur les sites A et les sites B sont alors respectivement égaux à $+n\alpha\vec{M}_a - n\vec{M}_b$ et à $+n\beta\vec{M}_b - n\vec{M}_a$. Le Tableau II met en évidence un fait intéressant : les valeurs de n et de β varient peu tant que la proportion de ZnO n'atteint pas 0,7. Les interactions AB et BB ne dépendent donc pas beaucoup de la concentration. Au contraire, le coefficient α, relatif aux interactions AA, croît rapidement avec la proportion de ZnO. On serait tenté d'en conclure que la présence d'ions Zn sur les sites A augmente beaucoup les interactions négatives entre les ions Fe placés sur ces mêmes sites et que cette augmentation provient d'un mécanisme de super-échange du type Fe-Zn-Fe. Il convient toutefois d'être prudent et de confirmer auparavant ce résultat par l'étude d'autres ferrites mixtes. Il ne faut pas oublier non plus que l'approximation du champ moléculaire devient mauvaise, tout au moins aux températures basses et moyennes, quand la proportion des atomes de zinc devient grande, par suite de l'importance toujours accrue des fluctuations dues au petit nombre des sites A occupés par des atomes magnétiques.

MAGNÉTISME. — *Sur la décroissance des aimantations thermorémanente et rémanente isotherme des terres cuites par réchauffements successifs à températures croissantes.* Note de Mlle **Juliette Roquet**, présentée par M. Charles Maurain.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai étudié la variation des aimantations thermorémanente et rémanente isotherme d'un cylindre d'argile cuite en fonction du champ magnétisant. Les résultats qui vont être exposés concernent l'évolution des mêmes aimantations par réchauffements progressifs.

Aimantation thermorémanente (*A. T. R.*) — La terre cuite C_{36}, portant une A. T. R. initiale : σ_{675,t_0} acquise par refroidissement de 675° à t_0 en champ H,

([3]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1133.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1135-1137.

est réchauffée jusqu'à une température t, puis maintenue à cette température pendant une demi-heure et refroidie jusqu'à la température ordinaire, en champ nul. On mesure l'A. T. R. restante σ'_t. Les essais sont répétés pour des températures croissantes jusqu'à disparition complète de l'A. T. R. qui a lieu à 675°, point de Curie supérieur de l'échantillon.

Les trois courbes de la figure I donnent les valeurs de σ'_t en fonction de t. Elles correspondent à des aimantations initiales

$\sigma_{675,20} = 9,8.10^{-4}$ u. e. m., champ magnétisant initial H = 17Γ,
$\sigma_{675,66} = 26,3.10^{-4}$ u. e. m., » H = 119Γ,
$\sigma_{675,90} = 57,4.10^{-4}$ u. e. m., » H = 7700Γ.

Les températures de fin d'action du champ magnétisant ayant provoqué l'aimantation étudiée sont différentes dans les trois séries d'expériences. Les deux premières aimantations ont eu lieu dans le four habituel ([2]), mais, pour le champ de 119Γ, la bobine de champ chauffait trop pour qu'il fût possible de

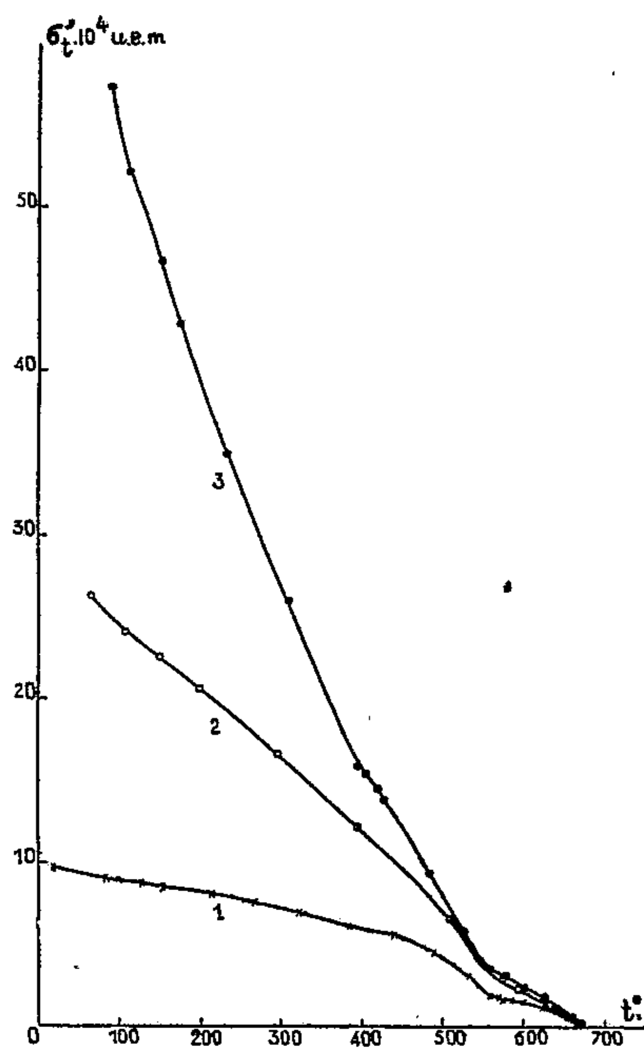


Fig. 1.

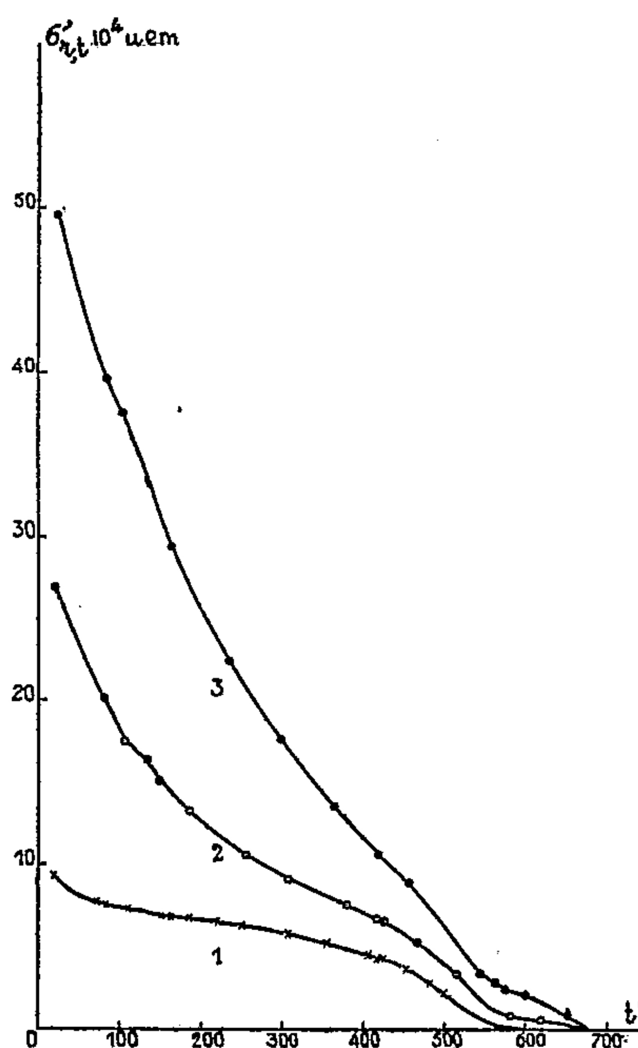


Fig. 2.

descendre au-dessous de 66°. Dans la troisième expérience faite à Bellevue ([1]), la température de 90° a dû être adoptée afin de limiter la consommation d'énergie électrique. Rappelons d'ailleurs ([2]) que $\sigma_{675,t} = \sigma'_t$, ce qui permettrait de déduire aisément, d'après les courbes de la figure I, les trois valeurs de

([2]) *Thèse* E. Thellier, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 1938, et *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, 16, 1938, p. 156-302.

$\sigma_{675,90}$ pour les deux premières séries d'expériences, si l'on voulait comparer des aimantations acquises dans le même intervalle de température.

Aimantation rémanente isotherme (*A. R. I.*). — Le procédé de désaimantation par réchauffement est le même que précédemment, et l'on désignera par σ_r l'A. R. I. initiale résultant de l'application d'un champ H à la température ordinaire, et $\sigma'_{r,t}$ l'A. R. I. restante après réchauffement jusqu'à la température t.

Le premier réchauffement n'a lieu que plusieurs heures après suppression du champ H, quand l'A. R. I. n'évolue plus que très lentement dans le temps.

Les trois courbes de la figure II, donnant les valeurs de $\sigma'_{r,t}$, en fonction de t, correspondent aux aimantations initiales :

$\sigma_r = 9,3.10^{-4}$ u. e. m. obtenue avec $H = 1.470\,\Gamma$,
$\sigma_r = 27,0.10^{-4}$ u. e. m. « « $H = 7.600\,\Gamma$,
$\sigma_r = 49,6.10^{-4}$ u. e. m. « « $H = 26.800\,\Gamma$.

L'examen des courbes conduit aux conclusions suivantes :

Les points de Curie de plusieurs constituants ferromagnétiques, dont Fe_3O_4 et Fe_2O_3, sont mis en évidence. Je n'ai pas essayé de déterminer leurs valeurs avec précision ce qui eût exigé des essais trop longs. La présence de plusieurs constituants complique la discussion du détail des courbes et je ne donnerai que quelques indications générales.

Les courbes de désaimantation diffèrent notablement suivant les valeurs des aimantations initiales, aussi bien dans le cas de l'A. R. I. que dans celui de l'A. T. R.. La désaimantation relative correspondant à une température t de réchauffement est d'autant plus grande que l'aimantation initiale est plus élevée (sauf pour l'A. R. I. en fin de désaimantation).

Pour les aimantations faibles, A. T. R. et A. R. I., les courbes (n°s 1) présentent des analogies de courbures mais elles ont des caractères nettement distincts entre la température ordinaire et 80°, ainsi qu'en fin de désaimantation. Au point de Curie de Fe_3O_4 l'A. R. I. a presque complètement disparu alors que l'A. T. R. est encore égale à 1/6 environ de sa valeur initiale.

Pour les aimantations fortes, A. T. R. et A. R. I., les courbes (n°s 3) ont même allure. En prenant pour aimantations initiales les valeurs des aimantations rapportées à la même température : $\sigma_{675,90}$ et $\sigma_r = \sigma'_{r,90}$, les courbes des aimantations relatives $\sigma'_t/\sigma_{675,90}$ et $\sigma'_{r,t}/\sigma_r$ en fonction de la température t sont presque superposables. Le mécanisme de désaimantation est donc le même, fait caractéristique car il s'agit d'aimantations A. T. R. et A. R. I. fortes, probablement voisines de la saturation ([1]).

Les courbes n°s 2 sont relatives aux aimantations moyennes. Elles s'apparentent pour l'A. T. R. au type de courbe n° 1 et pour l'A. R. I. au type de courbe n° 3. En extrapolant la courbe d'A. T. R. n° 2 jusqu'à 20° on voit

que $\sigma_{675,20}$ est supérieure à σ_r initiale de la courbe n° 2 d'A. R. I. On passe donc plus vite pour l'A. R. I. que pour l'A. T. R. des courbes du type n° 1 aux courbes du type n° 3.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la variation de la fréquence propre des cavités élec-tromagnétiques à sphères concentriques, pour de petits déplacements de la sphère intérieure.* Note (*) de M. **Jean Broc**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous avons rendu compte précédemment, des caractéristiques des cavités résonnantes électromagnétiques constituées par deux sphères concentriques. Il nous a paru intéressant de rechercher la valeur de la variation de la fréquence propre d'une telle cavité lorsque la sphère intérieure s'écarte de la position centrale.

Nous avons pu aboutir au même résultat par deux méthodes approximatives différentes.

2. La première méthode consiste à appliquer les résultats généraux établis déjà [1] pour les champs à symétrie de révolution, c'est-à-dire à chercher la solution d'une équation aux dérivées partielles de la forme

$$\frac{\partial}{\partial \xi}\frac{1}{h_3}\frac{\partial f}{\partial \xi}+\frac{\partial}{\partial_n}\frac{1}{h_3}\frac{\partial f}{\partial_n}+\frac{h_1 h_2}{h_3}k^2 f=0, \tag{1}$$

en prenant pour coordonnées, au lieu des coordonnées sphériques r, θ, φ, les surfaces engendrées par deux familles de cercles orthogonaux $\xi=$ const., $\eta=$ const. tracés dans le plan méridien et d'équations cartésiennes

$$\left(x-\frac{a}{\text{th}\,\xi}\right)^2+y^2=\frac{a^2}{\text{ch}^2\xi}, \tag{2}$$

$$x^2+\left(y-\frac{a}{\text{tg}\,\eta}\right)^2=\frac{a^2}{\cos^2\eta}; \tag{3}$$

$\pm a$ étant l'abscisse des points de Poncelet des cercles (3).

Dans le cas où les cercles de la famille (1) sont presque concentriques, on peut écrire, approximativement

$$a=\frac{R_2^2}{2}\,\frac{1-s^2}{e}, \qquad s=\frac{R_1}{R_2} \tag{4}$$

par rapport des rayons avec ($R_1 < R_2$), e déplacement de la sphère intérieure, et

$$h_1=h_2=\frac{a}{\text{ch}\,\xi}, \qquad h_3=\frac{a\sin\eta}{\text{ch}\,\xi}. \tag{5}$$

(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) J. Bernier, *Thèse de Doctorat*, 1944, Chap. III, p. 20.

En substituant les expressions (5) dans l'équation (1) on voit alors que les variables se séparent et l'on trouve une solution, approximative de l'équation (1).

Cela conduit, par exemple, pour le mode H_{110}, à montrer qu'un déplacement e de la sphère intérieure entraîne une diminution de la fréquence propre donnée par

$$\frac{\Delta f}{f_0} = -2\left(\frac{e}{R_2}\right)^2 \frac{1}{(1-s^2)^2}.$$

Ainsi pour une cavité résonnant sur 10^{cm} ($f_0 = 3000$ Mc) et telle que $s = 0,1$, on aurait $R_2 = 7^{cm},2$ et un déplacement de 1/10 de millimètre de la sphère intérieure, au delà du centre, provoquerait une diminution $\Delta f = -10$ Kc tandis qu'un déplacement de 1^{mm} provoquerait une diminution $\Delta f = -1$ Mc.

3. La seconde méthode de calcul consiste à appliquer les résultats de la méthode de perturbations ([2]).

Cette méthode nous a conduit aux mêmes résultats numériques que nous venons de citer.

Lorsque le déplacement e de la sphère intérieure n'est plus assez petit $[(e/R_2 > 1/100,)]$ les approximations d'aucune des deux méthodes ci-dessus ne sont justifiées.

Il paraît vraisemblable, cependant, que la variation $\Delta f/f_0$ cesse rapidement d'être parabolique pour devenir linéaire (en fonction de e/R_2) et qu'elle redevienne parabolique lorsque la sphère intérieure se trouve parvenue presque au contact de la surface intérieure de la sphère extérieure.

OPTIQUE. — *Calcul des variations des constantes optiques des couches lacunaires.* Note (*) de M. **Damien Male**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude des propriétés optiques des corps en lames très minces montre une variation des constantes optiques avec l'épaisseur de la couche. On a souvent expliqué ces variations en supposant une altération de la substance. Il paraît plus simple et plus naturel de faire intervenir la structure lacunaire de ces couches.

En appliquant la relation de Lorentz-Lorenz, on a

$$n'^2 = \frac{1+2rq}{1-rq}, \qquad \text{avec} \quad r = \frac{n^2-1}{n^2+2},$$

où $n = \nu - j\varkappa$ est l'indice du corps massif; $n' = \nu' - j\varkappa'$ l'indice de la couche et q le facteur de remplissage (rapport du volume du corps au volume de la couche).

([2]) J. Bernier, *Thèse de Doctorat*, 1944, Chap. VI.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

Pour déterminer graphiquement n' en fonction de q calculons d'abord r,

$$r = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 1} = \rho\, e^{i\alpha},$$

puis posons

$$n' = \sqrt{-2\,\frac{q + \frac{1}{2r}}{q - \frac{1}{r}}} = \mathrm{N}\, e^{i\theta}.$$

Portons, dans le plan de la variable complexe, les points N, D, Q, images des quantités $-1/2r$, $1/r$ et q.

On a alors

$$\mathrm{N} = \sqrt{2\,\frac{\overline{\mathrm{QN}}}{\overline{\mathrm{QD}}}} \qquad \text{et} \qquad \theta = \frac{\widehat{\mathrm{DQN}} + \pi}{2}$$

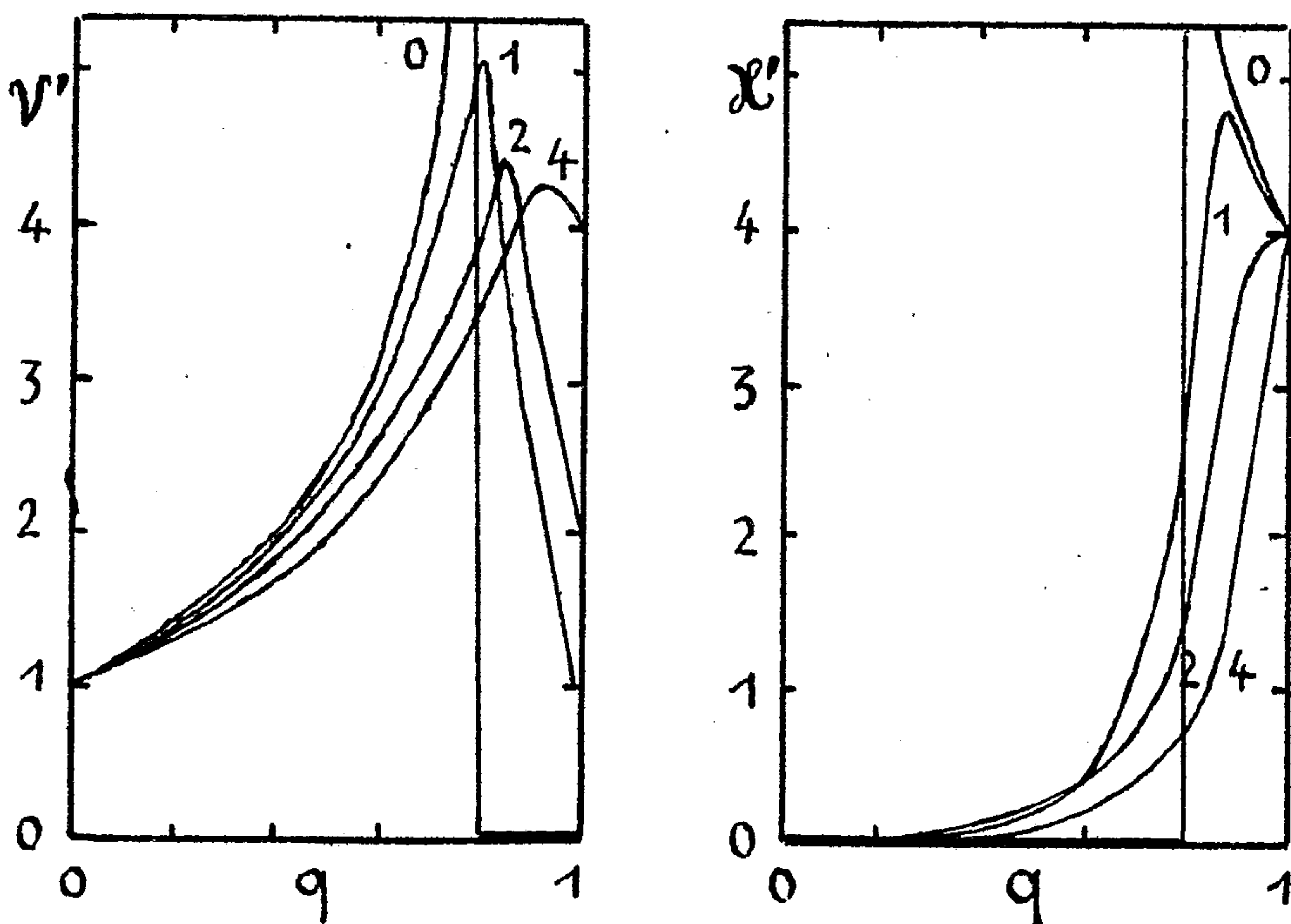
d'où

$$\nu' = \mathrm{N}\cos\theta \qquad \text{et} \qquad \varkappa' = \mathrm{N}\sin\theta.$$

On remarque que n' passe par un maximum lorsque :

$$0 < \frac{\cos\alpha}{\rho} < 1$$

ce qui ne peut se produire que si $\varkappa > \nu$.



Les calculs ont été effectués pour différentes valeurs de ν et de $\varkappa$ allant de 0 à 4. Les courbes de la figure 1 montrent, par exemple, les résultats obtenus pour $\varkappa = 4$ et pour $\nu = 0, 1, 2, 4$.

Le maximum de ν', lorsqu'il existe, correspond toujours à une valeur de q inférieure à celle qui donne le maximum de $\varkappa'$. Cette remarque est parfaitement en accord avec tous les résultats de mesures de ν' et de $\varkappa'$. Malheureusement il est difficile de déterminer ν' et $\varkappa'$ pour des couches correspondant à des facteurs de remplissages petits de telle sorte que le maximum de $\varkappa'$ a été observé expérimentalement tandis que celui de ν' ne l'a pas encore été.

RAYONS X. — *Dosage du rayonnement* X *par réactions de polymérisation.* Note (*) de Mme **Annette Prévot**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dainton [1] et Rexer [2] ont déjà montré que les rayons X peuvent amorcer la polymérisation de l'acrylonitrile [1] et du méthacrylate de méthyle [2]. J'ai voulu étendre cette étude à d'autres monomères et cherché à utiliser des réactions de polymérisation pour le dosage du rayonnement X. Puisque la polymérisation procède par réactions en chaînes, on pouvait s'attendre à une sensibilité supérieure à celle fournie par les réactions chimiques antérieurement proposées à cette fin.

La progression de la polymérisation a été suivie par dilatométrie. L'ampoule à irradier, de 20^{cm^3} environ, en pyrex, est surmontée d'un capillaire et remplie par distillation sous vide cathodique.

Pour un monomère donné, et dans des conditions déterminées de fonctionnement du tube à rayons X, la contraction relative $\Delta V/V$ tracée en fonction du temps d'irradiation fournit la courbe d'étalonnage de l'ampoule. Cette courbe est très voisine d'une droite, du moins pour les faibles degrés de conversion. La pente de la droite, donc la sensibilité de la méthode, varie avec le monomère. Par ordre de sensibilité croissante, les monomères étudiés se rangent de la manière suivante : styrolène, méthacrylate de méthyle, acrylonitrile, acétate de vinyle (*fig.* 1). Pour ce dernier la courbe d'étalonnage présente une allure parabolique. J'ai préféré, pour cette raison, utiliser l'acrylonitrile et les résultats qui suivent sont valables pour l'acrylonitrile pur.

Il a été vérifié que la courbe d'étalonnage est indépendante de la durée de l'irradiation et du temps qui s'écoule entre deux irradiations consécutives. D'autre part la polymérisation se poursuit après cessation de l'irradiation, mais cette post-polymérisation ne gêne pas les mesures si l'on a soin de reprendre le zéro avant chaque irradiation.

La contraction est donc proportionnelle au temps d'irradiation; par contre, si l'on fait varier la dose incidente en jouant sur l'intensité X, on trouve que la contraction est proportionnelle à la racine carrée de l'intensité.

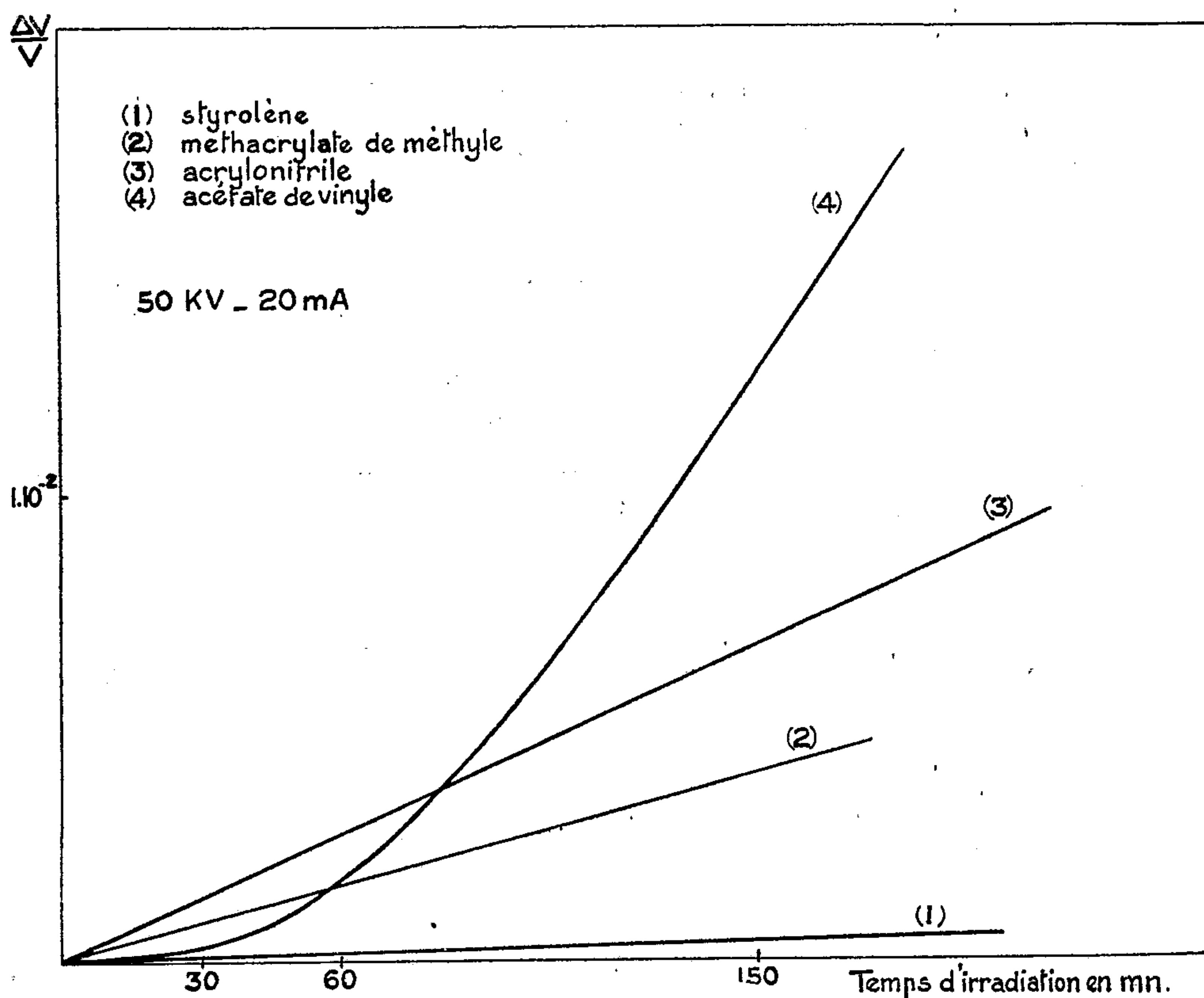
(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) *Nature*, 160, 1947, p. 268; *J. Phys. and Coll. Chem.*, 52, 1948, p. 490.

(2) *Reichsber. Physik.* (*Beihefte Phys. Z.*), 1, 1944, p. 111.

Enfin, pour obtenir une mesure absolue de la dose, il suffit de calibrer le capillaire en comparant ses indications avec celles d'une chambre d'ionisation.

Sensibilité. — Elle varie avec le monomère (qui intervient par sa vitesse de polymérisation et par les densités relatives du monomère et du polymère) et avec le diamètre du capillaire.



Le montage utilisé dans les expériences a déjà été décrit ([3]).

Dans les conditions de travail suivantes : 5 mA, 50 kV, rayonnement global du tungstène, fenêtre de sortie du tube en Al de $0^{mm},015$, distance du foyer au centre de l'ampoule : 25^{cm}, capillaire de 2^{mm} de diamètre, j'ai obtenu un déplacement du ménisque de l'ordre du millimètre pour 300 r absorbés en 10 minutes dans le cas de l'acrylonitrile pur. La sensibilité obtenue est donc de l'ordre de quelques centaines de roentgens absorbés en 10 minutes. Des irradiations plus prolongées permettent naturellement de mesurer des intensités plus faibles. Jusqu'ici la plupart des réactions chimiques appliquées au dosage du rayonnement X permettaient de déceler une dose de quelques milliers ou dizaines de milliers de roentgens ([4]) et ([5]).

([3]) G. Barrère, *J. Phys.*, 8, 1947, p. 72.

([4]) P. Bonét-Maury et M. Frilley, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 400.

([5]) M.-J. Day et G. Stein, *Nature*, 164, 1949, p. 671.

Précision. — 1° L'écart entre les points expérimentaux et la courbe d'étalonnage n'intervient pratiquement pas si l'on fait un nombre suffisant de mesures.

2° Dans le cas de l'acrylonitrile, l'assimilation de la courbe d'étalonnage à une droite fait commettre sur l'évaluation de la dose une erreur systématique inférieure à 5 % jusqu'à 100 000 r.

3° La reproductibilité dans la pente de la droite n'est limitée que par une mauvaise purification de l'acrylonitrile.

Pour l'instant, avec une technique imparfaite de purification, la précision accessible est de l'ordre de 10 à 15 %.

En définitive, si l'on ne recherche pas une très grande sensibilité, le styrolène est préférable, car mieux purifiable, il donne des résultats plus reproductibles; l'acrylonitrile est plus sensible, mais les mesures faites, moins précises.

RAYONS COSMIQUES. — *Explosions nucléaires observées dans le plomb avec des compteurs.* Note (*) de MM. **André Cachon**, **Jean Daudin** et **Roland Maze**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Lorsque des compteurs non alignés sont noyés dans une masse de plomb, les coïncidences observées sont dues bien moins à des particules pénétrantes de l'air qu'à des effets locaux divergents dans la matière elle-même. Cette interprétation donnée par Auger et Daudin ([1]), ([2]), ([3]), s'oppose à celle de Wataghin ([4]) qui a le premier utilisé un tel dispositif. En lui associant une chambre de Wilson, on peut observer des gerbes pénétrantes, des gerbes denses de particules relativistes, des *désintégrations nucléaires associées*. Tous ces phénomènes sont liés comme les bursts à des perturbations des noyaux.

a. Ces coïncidences ont donc les mêmes propriétés que les bursts observés à la chambre d'ionisation, en effet : à Paris un tel dispositif a compté $0,86 \pm 0,04$ par heure et au Pic du Midi $11,4 \pm 0,04$. La radiation responsable a donc dans l'air un parcours moyen égal à $300/L(13) = 117\ g/cm^2 \pm 3$ (sans correction de Gross) identique à celui observé par Rossi ([5]), Tinlot ([6]), Janossy ([7]) et tout récemment par Wataghin ([8]) pour les bursts, les gerbes pénétrantes et les étoiles.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) Auger et Daudin, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 24 et *Phys. Rev.*, 62, 1942, p. 549.

([2]) Daudin, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 348.

([3]) Daudin, *Ann. de Phys.*, 19, 1944, p. 110.

([4]) Wataghin, De Souza Santos et Pompeia, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 61.

([5]) Bridge, Rossi et Williams, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 257.

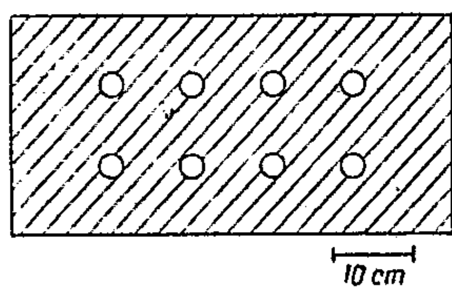
([6]) Tinlot, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 1477.

([7]) Janossy et Rochester, *Proc. Roy. Soc.*, 183, 1945, p. 181.

([8]) Wataghin, communication privée.

La contribution des grandes gerbes de l'air s'est montrée faible : 6 à 8 % sous 10^{cm} de plomb; Lapp (9), Fahy et Schein (10) ont trouvé 5 % pour les bursts.

Ainsi les mêmes phénomènes provoquent ces coïncidences et les bursts. Ayant des cloisons importantes (5^{cm} au moins) entre les compteurs nous n'avons pas été gênés par les électrons de choc des mésons.



b. L'ionisation libérée par les bursts permet de les classer. Les bursts libérant plus de *n* ions sont au nombre de

$$N_n = N_0 n^{-\gamma},$$

γ étant un exposant mal défini variable avec la géométrie de la chambre et surtout la nature de l'écran. Il est de l'ordre de 2,2 pour le plomb. Les bursts très puissants associés aux gerbes d'Auger obéissent à une loi d'indice 1,6 et ne sont pas en jeu ici.

Appliquons la méthode de calcul qui réussit dans le cas des gerbes de l'air. La densité des trajectoires étant de Δ par centimètre carré, un compteur de surface S sera touché en moyenne dans $(1 - e^{-\Delta S})$ des cas. En intégrant sur le spectre des densités, la fréquence des coïncidences triples sera

$$\int (1 - e^{-\Delta S})^3 \Delta^{-\gamma-1}\, d\Delta,$$

et l'on appliquera les formules établies pour les gerbes d'Auger :

1° Si 4 compteurs sont logés parallèlement en carré séparés par 5^{cm} de plomb, le rapport des coïncidences quadruples aux coïncidences entre 3 compteurs déterminés est expérimentalement au Pic du Midi : $314/842 = 37,5 \pm 2,6$ % et la valeur de γ est comprise entre 2,15 et 2,28.

2° Si l'on dispose 8 compteurs à Paris suivant la figure 1, on peut enregistrer les coïncidences au moins triples en éliminant les combinaisons qui peuvent être actionnées par des particules directes ou par des mésons accompagnés.

En prenant 8 compteurs au lieu de 3, le nombre de ces coïncidences est multiplié par un facteur R égal à 24/1,2 soit 20 ± 2. En outre il a été observé 1446 coïncidences au moins triples, 262 au moins quadruples, 89 au moins quintuples, 27 au moins sextuples. Le tableau I permet la comparaison avec le calcul pour $\gamma = 2,33$ et 2,5.

---

(9) LAPP, *Phys. Rev.*, 65, 1944, p. 63.

(10) FAHY et SCHEIN, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 207.

TABLEAU I.

	R.	$\frac{N \geqq 4}{N \geqq 3}$ (%).	$\frac{N \geqq 5}{N \geqq 4}$ (%).	$\frac{N \geqq 6}{N \geqq 5}$ (%).	$\frac{\text{Quadruples}}{\text{Triples entre 3 compt.}}$ (%).
$\gamma = 2,5$..........	30	13,4	29	36	25,5
$\gamma = 2,33$.........	24	18	33	39	33
Expérience........	20	18 ± 1	34 ± 4	30 ± 7	28 ± 4

Conclusion. — Bien que le rayonnement intérieur au plomb ne soit ni exactement isotrope, ni surtout homogène, ces calculs rudimentaires prouvent qu'il est possible avec les compteurs de retrouver l'ordre de grandeur de l'indice qui paraît diminuer légèrement en altitude comme celui observé avec les chambres d'ionisation. Puisque cette loi de fréquence s'applique sûrement aux neutrons, il est inexact de calculer la multiplicité des neutrons émis au moyen d'un sélecteur de neutrons supplémentaire de Cocconi [11]. En réalité toutes les densités de neutrons sont représentées comme le sont toutes les densités d'électrons dans les gerbes d'Auger.

Ces expériences et d'autres plus anciennes (chambre de Wilson) indiquent que les primaires responsables de ces événements sont souvent isolés et neutres et fréquemment d'énergie relativement faible. Les écrans producteurs que certains expérimentateurs ont placé au-dessus peuvent peut-être également ralentir ou réfléchir et donner des effets d'interprétation difficile.

RAYONS COSMIQUES. — *Spectre des noyaux lourds du rayonnement cosmique primaire à* 22^{km}. Note (*) de M. **Hoang Tchang-Fong**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Nous avons étudié 123 traces de noyaux lourds enregistrées dans une série de 24 plaques Ilford G 5 (200^{μ}, $2^{cm},5 \times 7^{cm},5$) exposées à 22^{km} d'altitude au moyen de ballons-sonde.

Pour déterminer la charge Z des noyaux lourds nous avons utilisé la méthode des rayons-δ proposée par Bradt et Peters [1]. La densité des rayons-δ le long de la trajectoire est $n = Z^2/K.\beta^2$, où $\beta = v/c$ est la vitesse du noyau au point où l'on compte les δ et K est une constante dépendant de la nature de l'émulsion, de l'énergie minima de rayons-δ comptés et de la manière dont l'observateur fait la mesure. La valeur de K peut être déterminée empiriquement à partir des noyaux lourds émis par certaines étoiles cosmiques dont on

(11) G. Cocconi, V. Cocconi-Tongiorgi et K. Greisen, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1867.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1828.

connaît la nature ([2]). En comptant les δ ayant un parcours supérieur à 3^{μ}, et en adoptant un critère convenable pour discerner les δ vrais et ceux du fond, nous avons trouvé $K \sim 45$ si l'on exprime n en nombre de δ par 100^{μ}, compte tenu de la correction de profondeur ainsi que la contraction de la gélatine.

Comme relation liant le moment réduit $p/Mc = \beta/\sqrt{1-\beta^2}$ au parcours réduit z^2R/Mc^2 nous avons utilisé la courbe de Rossi-Smith ([3]). Les valeurs indiquées étant applicables à toute particule quels que soient Z et M pourvu que la perte d'énergie soit exclusivement due aux chocs électroniques.

Les traces que nous avons étudiées traversent plusieurs plaques; elles ont des parcours suffisamment longs pour permettre une mesure assez précise de Z. L'erreur de mesure n'excède guère une unité pour les noyaux de $Z < 15$ et deux unités pour ceux de $Z \geq 15$. Mais l'incertitude due à d'autres causes peut atteindre le même ordre de grandeur. En fin de compte, les valeurs de Z mesurées ne sont exactes qu'à 2 ou 3 unités près. Les résultats de mesures sont représentés par la figure 1, les particules α n'étant pas comptées dans la mesure.

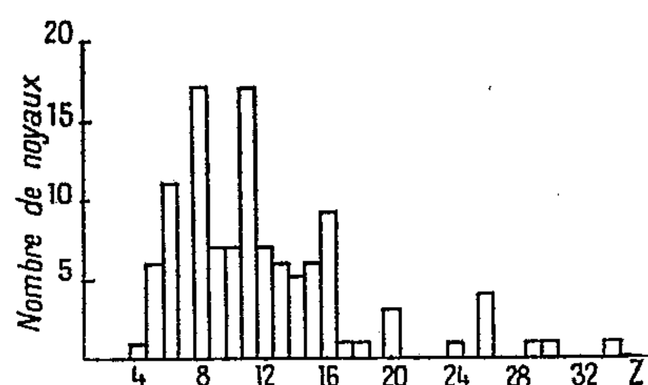


Fig. 1.

Quoique la précision actuelle de la mesure ne nous permette pas de distinguer un élément de l'autre, nous pouvons essayer de rassembler les divers éléments ou groupes et les comparer avec les abondances des corps stellaires, par exemple, le Scorpion-τ d'après les mesures de Unsöld ([4]).

Éléments.	Rayonnement cosmique primaire (%).	Scorpion-τ (Unsöld) (%.)
$Z < 10$ C. N. O.	49 à 65	56
$10 \leq Z < 20$	45 à 30	44
$Z > 20$	~ 6	négligeable d'après l'auteur

On peut dire que, aux erreurs d'expériences près, l'accord entre ces deux

([2]) BONNETTI et DILWOTH, *Phil. Mag.*, 7, 1949, p. 585.

([3]) B. ROSSI, *Rev. of Modern Phys.*, 1948, p. 537.

([4]) H. BROWN, *Rev. of Modern Phys.*, 1949, p. 625.

mesures est satisfaisant. D'autre part, nos résultats sont aussi comparables à ceux de Bradt et Peters (5).

Nous avons aussi évalué les énergies cinétiques de ces noyaux à l'entrée de l'atmosphère, les résultats sont indiqués par la figure 2. A cause de l'impossibilité de connaître la hauteur exacte du paquet de plaques lorqu'un noyau est entré dans l'émulsion, ces mesures sont beaucoup moins précises. Les valeurs trouvées ne sont que des limites supérieures. Nous remarquons qu'elles

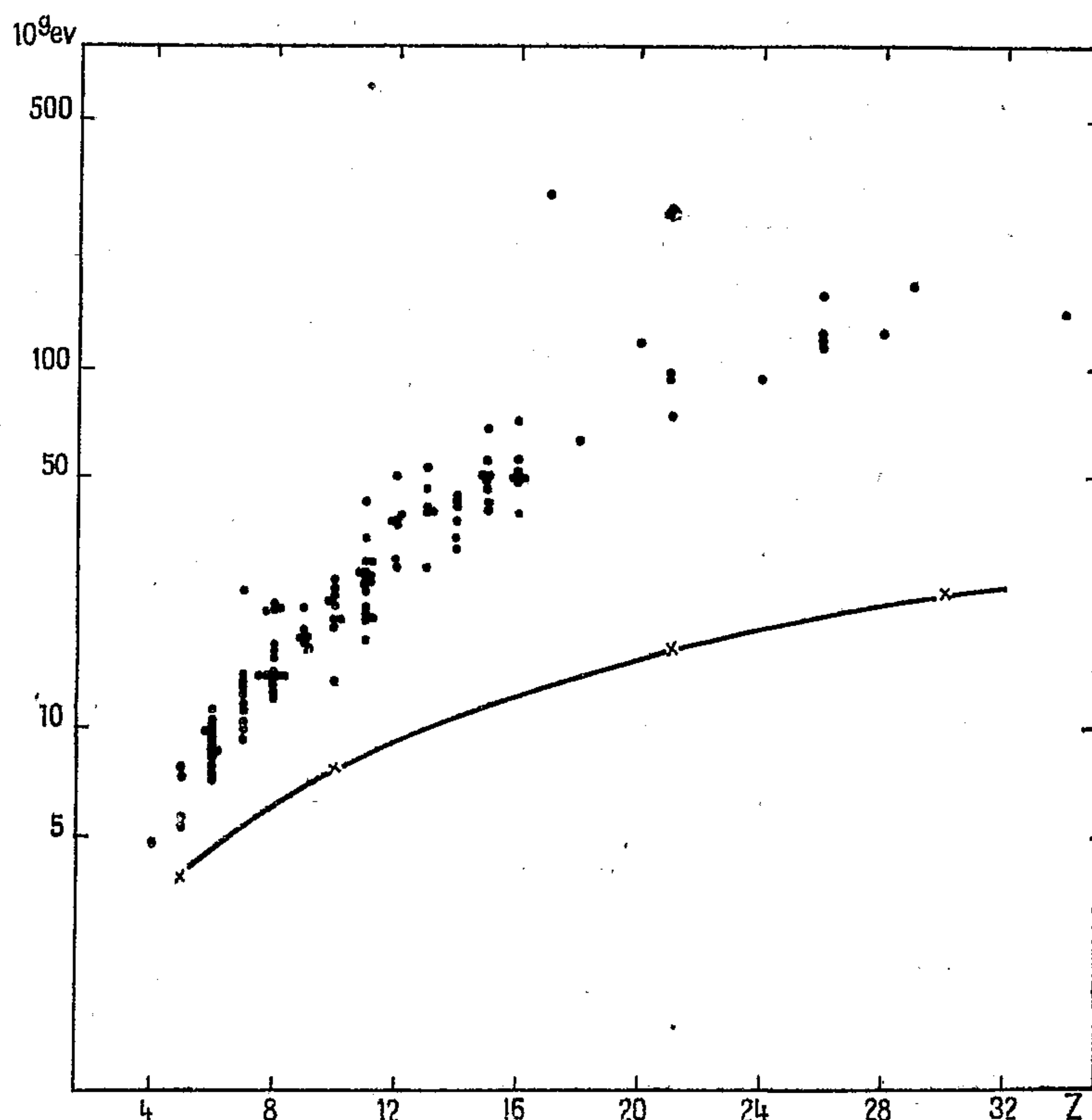


Fig. 2.

sont toutes au-dessus du cut-off magnétique terrestre, lequel étant égal à 0,38 BeV/nucléon (6). Quoiqu'il en soit, ces valeurs sont encore très inférieures à celles qu'on aurait attendues en admettant le mécanisme d'injection proposé par Fermi (7) Selon cet auteur, l'énergie par nucléon serait de l'ordre de 1 BeV/nucléon pour les noyaux d'oxygène, alors que seulement 50 % de noyaux de $Z = 8$ trouvés ici, ont atteint cette valeur. Enfin, pour les noyaux de Fer, nous n'en avons trouvé aucun ayant la valeur attendue de 5 BeV/nucléons.

---

(5) Communication privée.

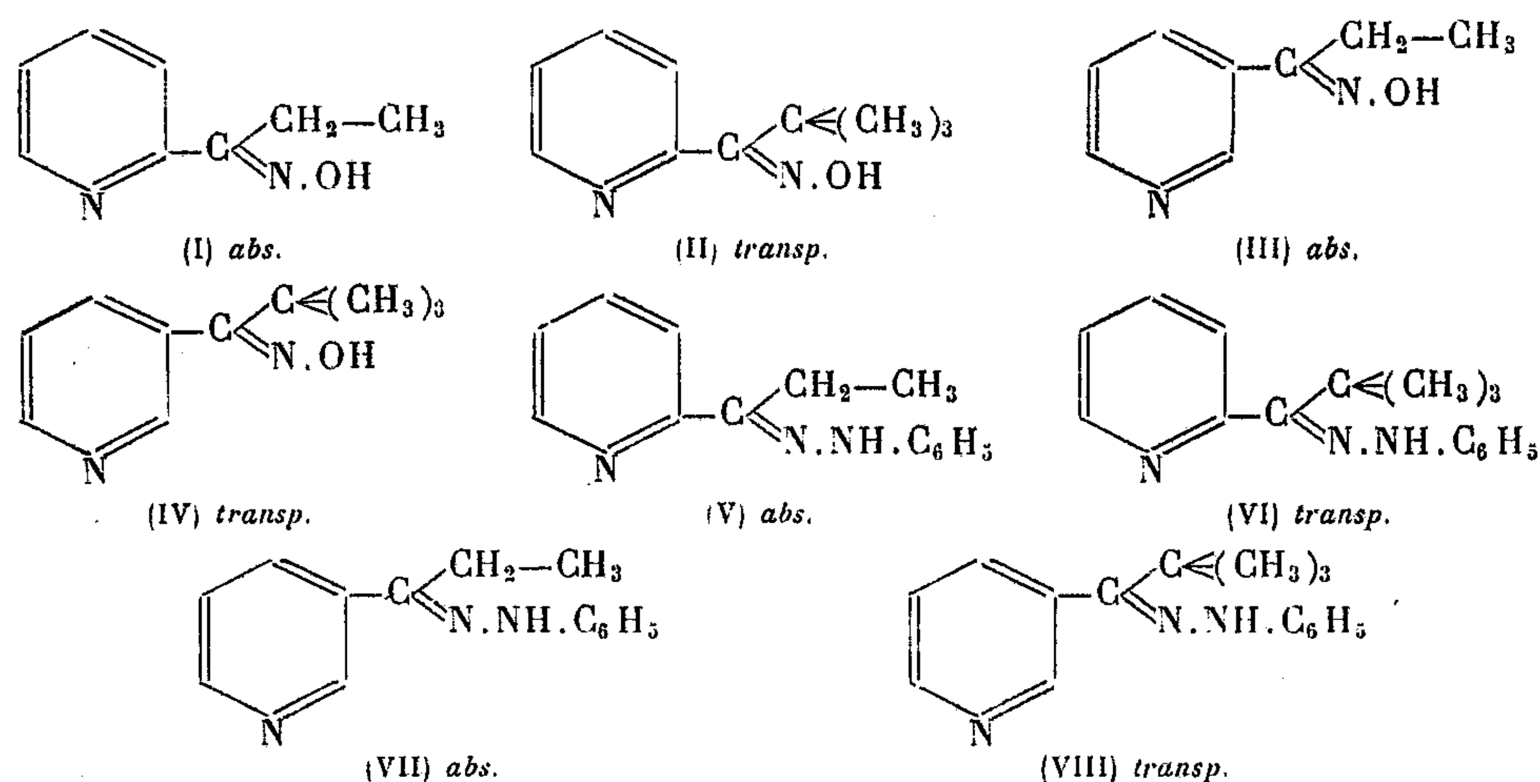
(6) VALLARTA, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1823.

(7) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1169; *Congrès de Côme*, 1949.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déformation des orbites électroniques du carbone par effet stérique (série de la pyridine).* Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas** et Mlle **Suzanne Bertucat**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait que l'introduction d'un substituant (A) sur un noyau aromatique (Ar) (benzène, naphtalène, etc.) provoque toujours une variation d'absorption (U-V et vis.), ce qui implique une modification dans le dispositif électronique du noyau. Cet effet spectral est faible si A est un alcoyle, un groupe O.CO.R ou une fonction ammonium. Par contre, si A contient un carbone fonctionnel, non saturé lié d'une part au noyau et, d'autre part, soit à un H (styrolène, benzaldoxime) soit encore à un alcoyle non ramifié, un *couplage* important s'exerce le plus souvent entre Ar et A ce qui, alors, a pour conséquence de changer parfois profondément leurs spectres *limites*. La molécule est alors sous la forme dite *absorbante*. *Le carbone fonctionnel se comporte comme un carbone non saturé.*

Ce *couplage* peut disparaître soit par effet stérique (introduction de chaînes ramifiées sur le carbone fonctionnel ou en position ortho sur le noyau), soit par cyclisation. La molécule est alors sous la forme dite *transparente*. Son spectre est très voisin de celui qui résulterait de la superposition des spectres *limites* de Ar et de A. *L'influence qu'exerce le carbone fonctionnel est, du point de vue spectral, celle d'un carbone méthanique.*



Ces faits, mis en évidence par l'un de nous avec divers chercheurs, avaient seulement été étudiés dans les séries benzénique et naphtalénique. Afin de connaître si la pyridine peut donner naissance aux mêmes phénomènes, ce qui signifierait que l'état électronique des carbones du noyau ne se trouve pas sensiblement modifié par la présence de l'N, nous avons étudié l'absorption de combinaisons pyridiniques et comparé leurs spectres à ceux des corps qui leur correspondent dans la série benzénique. Nous ne décrirons ici que ce qui

concerne les corps suivants : éthyl-α pyridylcétoxime (I), but. ter.-α pyridylcétoxime (II), éthyl-β pyridylcétoxime (III), but. ter.-β pyridylcétoxime (IV), éthyl-α pyridylcétone-phénylhydrazone (V), but. ter.-α pyridylcétone-phénylhydrazone (VI), éthyl-β pyridylcétone-phénylhydrazone (VII), but. ter.-β pyridylcétone-phénylhydrazone (VIII).

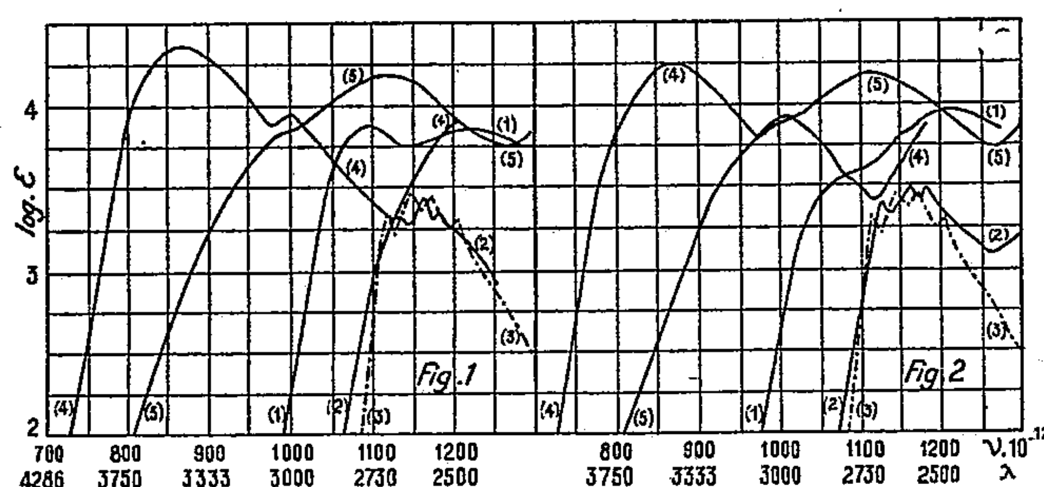


Fig. 1. — (1), éthyl-α pyridylcétoxime; (2), but. ter.-α pyridylcétoxime; (3), α méthylpyridine; (4), éthyl-α pyridylcétone-phénylhydrazone; (5), but. ter.-α pyridylcétone-phénylhydrazone.

Fig. 2. — (1), éthyl-β pyridylcétoxime; (2), but. ter.-β pyridylcétoxime; (3), α méthylpyridine; (4), éthyl-β pyridylcétone-phénylhydrazone. (5), but. ter.-β pyridylcétone-phénylhydrazone.

L'ensemble des résultats obtenus (qui se trouvent résumés par les courbes tracées sur les figures 1 et 2) permet d'énoncer les conclusions suivantes :

1° Compte tenu de la différence des absorptions *limites* des radicaux phényle et pyridyle, il existe un parallélisme frappant entre le comportement spectral des corps de la série benzénique et ceux de la série pyridinique.

2° Les oximes et les phénylhydrazones (I), (III), (V) et (VII) dans lesquelles le carbone fonctionnel est lié à un éthyle, ont la forme *absorbante*; cet élément se comporte, du point de vue de l'absorption, comme un carbone non saturé.

3° Si, dans ces composés, on remplace $—CH_2—CH_3$ par $—C{\lessdot}(CH_3)_3$, seule la forme *transparente* apparaît. Le spectre de chacune de ces molécules correspond sensiblement à celui d'un mélange équimoléculaire de méthylpyridine et de diéthylcétoxime pour les oximes, de méthylpyridine et de diéthylcétone-phénylhydrazone pour les phénylhydrazones. Le carbone lié au noyau possède les propriétés spectrales d'un carbone méthanique.

En définitive, la pyridine et ses dérivés se comportent, du point de vue spectral, comme les corps de la série benzénique. *Dans l'une et dans l'autre de ces séries, le carbone d'une fonction éthylénique, oxime, phénylhydrazone fixé soit en α soit en β sur le noyau peut exister sous deux variétés ayant une structure électronique différente.* On est ainsi conduit à penser que les carbones du noyau pyridinique et ceux du benzène possèdent sensiblement les mêmes orbites électroniques et que la présence de l'N n'influe pas, de façon essentielle, sur l'effet de la substitution.

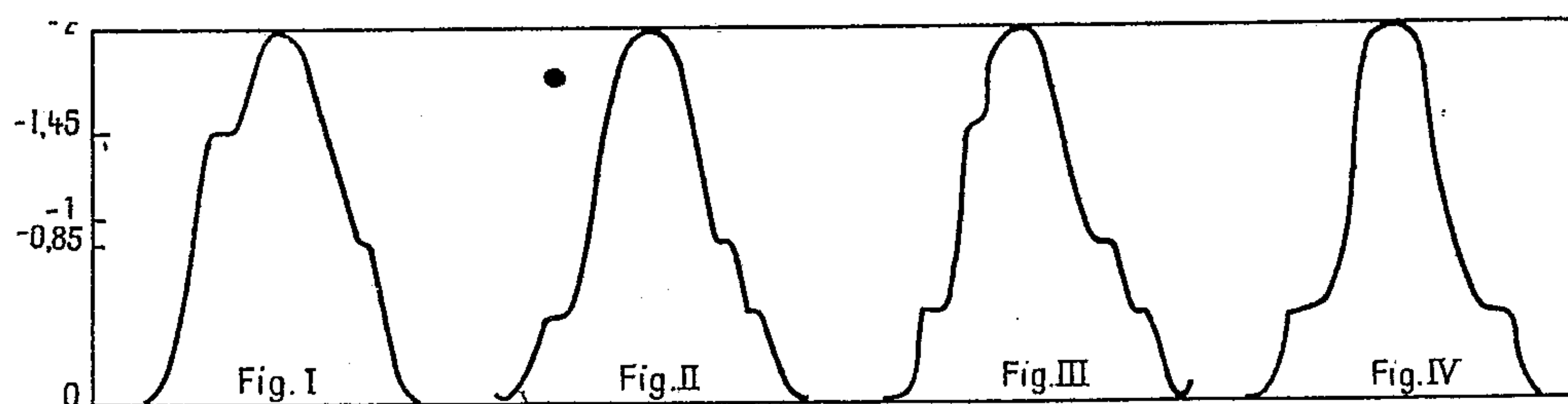
ÉLECTROCHIMIE. — *Étude, à l'électrode à goutte de mercure, des solutions de zincate de soude.* Note (*) de M. **Philippe Bernheim** et Mme **Martine Fournier**, présentée par M. Louis Hackspill.

Lorsqu'on dissout de l'oxyde de zinc dans de la soude, il se forme un zincate de soude auquel les auteurs attribuent la formule ZnO_2Na_2. Ce zincate serait dérivé d'un anion complexe de formule ZnO_2. L'étude des solutions de zincate au polarographe (¹) permet de mettre en évidence un déplacement du demi-palier du zinc, par rapport à celui obtenu en solution neutre ou acide. Ce potentiel passe de — 1,05 à — 1,48 V environ. De plus, lorsque les solutions de zincate deviennent plus alcalines, ce potentiel devient plus négatif.

Au lieu d'étudier les courbes tension-courant en courant continu, on peut superposer un courant alternatif à un courant continu. Dans le cas présent, on a superposé un courant alternatif de 1 V à un courant continu de 1 V, ce qui a permis d'avoir aux bornes de la cellule un courant variant de 0 à — 2 V 50 fois par seconde. L'examen des courbes de variation de la tension en fonction du temps était effectué à l'aide d'un oscillographe à rayons cathodiques.

Nous avons étudié d'abord une solution de zinc dans un sel neutre, puis des solutions de zincate en faisant varier la concentration du zinc dans une soude 5 N, et enfin des solutions de 1 à 7 N en soude, mais toutes saturées en zincate.

Pour une solution de zinc dans un sel neutre, l'oscillographe montre deux paliers à — 1,45 et — 0,85 V environ (*fig.* I). Heyrovsky (²) attribue



le palier à — 1,45 V à la décharge de l'ion Zn^{++} divalent qui devient monovalent selon la réaction $Zn^{++} + \theta \rightarrow Zn^{+}$, et le palier à — 0,85 V à l'atome Zn qui devient ion monovalent selon la réaction $Zn \rightarrow \theta + Zn^{+}$. Ces deux réactions étant suivies de la réaction de dismutation $2Zn^{+} \rightarrow Zn^{++} + Zn$ qui a lieu dans la solution. En courant continu, le palier — 1,05 V correspondant à la réaction

(*) Séance du 2 janvier 1950.

(¹) Stackelberg et Freyhold, *Zeits. für Elektr.*, 46, 1940, p. 120.

(²) *Œsterreichische Chem. Zeits*, 48, 1947, p. 24.

réversible $Zn^{++} + 2\theta \rightleftharpoons Zn$ est intermédiaire entre les deux paliers — 1,45 et — 0,85 V.

Dans une solution de soude 5 N ne contenant que très peu de zincate, on obtient les mêmes paliers que précédemment, — 1,45 et — 0,85 V. Si dans cette solution on fait croître la teneur en zincate, lorsque l'on approche de la saturation en zincate, on voit d'abord disparaître le palier à — 1,45 V, puis apparaître deux paliers symétriques à — 0,5 V, le palier à — 0,85 V subsiste toujours (*fig.* II).

Si l'on examine des solutions de soude de concentration croissante, saturées en zincate, on constate pour une valeur voisine de 1 N, quatre paliers — 1,45, — 0,85, — 0,5, — 0,5 V (*fig.* III).

Pour une concentration de 5 N, le palier à — 1,45 V disparaît.

Pour une concentration de l'ordre de 7 N, le palier à — 0,85 V disparaît à son tour et il ne reste plus que les deux paliers à — 0,5 V (*fig.* IV).

Ces expériences montrent que dans les solutions de zincate, il existe des ions Zn^{++}, en proportion d'autant plus élevée que la solution est moins concentrée en soude.

D'autre part, le palier trouvé à — 0,5 V est loin de la valeur du demi-palier donné par Stackelberg et Freyhold, pour le zinc en solution alcaline. Peut-être pourrait-on l'attribuer à la décharge de l'ion H^+. En effet, Tomes a montré ([3]) que le potentiel de demi-palier de l'hydrogène varie avec le pH suivant la formule $\pi_{1/2} = -(RT/2F)\,pH$. Pour les solutions étudiées, le pH varie entre 14 et 15, on aurait pour $\pi_{1/2}$ une valeur comprise entre — 0,4 et — 0,45 V environ, donc très voisine de celle observée. Mais ce palier étant d'autant plus grand que la solution est plus alcaline, il est plus logique de le relier directement à la présence dans la solution des ions $ZnO_2^=$ qu'à celle des ions H^+.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Caoutchoucs polaires et leur application comme échangeurs d'ions.* Note de MM. **Pierre Mastagli, Géza Austerweil** et **Zafiri Zafiriadis**, présentée par M. Marcel Delépine.

La plupart des échangeurs d'ions actuellement en usage sont obtenus sous forme de résines synthétiques en condensant des aldéhydes ou des cétones avec des amines ou des phénols substitués et en polymérisant le produit de cette condensation.

Mais les résines ainsi obtenues ont certains inconvénients : (solubilité, instabilité, gonflement). Dès 1938, l'un de nous a déjà indiqué que l'on pouvait obtenir des échangeurs d'ions en supprimant la phase de la condensation par introduction directe des groupes polaires dans des macromolécules qui sont et

([3]) *Collection des Trav. Chim. de Tchécoslovaquie*, 9, 1937, p. 150.

qui restent insolubles même après cette introduction. (Laine, amino-polystyrolène, caoutchouc azoté.) ([1]), ([2]).

En évitant la phase de condensation on supprime les groupes —R.CH.(R')OH et par conséquent on élimine les empêchements stériques ([3]) et accroît la stabilité et l'efficacité du produit comme échangeurs d'ions.

Amino-chloro-caoutchouc. — Les caoutchoucs azotés décrits jusqu'à présent n'étaient que des médiocres échangeurs d'anions, du fait de la faible polarité du groupe azoté (NH) introduit dans la molécule. On obtient un caoutchouc plus polaire en traitant les chlorocaoutchoucs avec NH_3; on remplace ainsi une partie des atomes de chlore par des fonctions amine et l'on confère au produit un caractère plus basique.

Pour cela on chauffe dans un autoclave pendant trois heures à 150° une solution benzénique à 20 % de caoutchouc tétrachloré industriel (64 % de chlore environ) avec la même quantité d'ammoniaque et une petite quantité d'émulsionnant (un produit sulfoné). Après refroidissement on isole une masse brunâtre insoluble dans tous les solvants du caoutchouc, que l'on sèche et qu'on lave à l'eau rendue alcaline. Ce corps contient 4,1 % de N et 27 % de Cl; il se rapproche de la formule $(C_5H_7)_4.(Cl)_3HN_2$ (théor. 3,7 % de N; 26,9 % de Cl).

Pulvérisé, comprimé à 100 kg/cm² et à 150°, concassé en grains de 0,5 à 1^{mm}, il fonctionne comme échangeur d'anions vis-à-vis des acides relativement concentrés. Voici les quantités d'acide chlorhydrique qu'il a retenues suivant la concentration de l'acide :

ClH N.........	118,8 g de ClH par kilogramme de produit.			
ClH N/5	104,6	»	»	»
ClH N/50	34,8	»	»	»
ClH N/1000	10,3	»	»	»

On lave le produit avec une solution de CO_3Na_2 à 2 % pour enlever le ClH fixé, puis à l'eau jusqu'à neutralité. Une nouvelle analyse du produit ainsi régénéré montre que sa composition initiale n'a pratiquement pas changé durant toutes ces manipulations. Ce produit stable, remarquablement inerte contre tous les solvants usuels et possédant une forte capacité n'est pourtant utilisable que pour capter les acides relativement concentrés. Sa faible basicité l'empêche de fonctionner comme un bon échangeur d'anions pour l'épuration des eaux, la concentration des acides fixes libérés étant très faible dans ce cas.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 63-67; Br. Fr. 832 866 et 842 115, 1938.
([2]) *Revue Générale du Caoutchouc*, 1944, p. 122.
([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 799; *Bull. Soc. Chim.*, V, 15, 1948, p. 948.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les oxydes d'uranium résultant de la décomposition de l'oxalate dit d'uranyle.* Note de MM. **André Boullé**, **Robert Jary** et Mme **Marthe Dominé-Bergès**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans nos recherches antérieures (¹) nous avons utilisé selon la méthode décrite par M. Lebeau, la décomposition de l'oxalate d'uranyle $C_2O_4UO_2 3H_2O$ (à 350° en creuset fermé) pour préparer l'oxyde U_3O_8 qui se réoxyde d'ailleurs facilement à l'état d'oxyde UO_3 à la même température de 350° (²).

Nous avons voulu préciser le mécanisme de la décomposition de cet oxalate, l'oxyde obtenu dépendant du mode opératoire. Trois séries d'expériences ont été effectuées :

1° *Décomposition à l'air* avec enregistrement à la thermobalance de Chevenard.

Signalons tout d'abord que, lors d'un chauffage en température croissante, l'oxalate hydraté perd 2 molécules d'eau à 120° et la troisième molécule à 210°. Les spectres X des trois corps $C_2O_4UO_2 3H_2O$, $C_2O_4UO_2H_2O$ et $C_2O_4UO_2$ sont identiques : la déshydratation a lieu sans changement de structure. La décomposition de l'oxalate anhydre se produit ensuite brutalement à 310° ; si l'on isole par trempe le corps formé à cette température, on constate que son spectre X présente les raies de l'oxyde UO_2, plus parfois quelques raies de l'oxyde U_3O_8 ; lorsqu'on poursuit le chauffage on atteint successivement les oxydes U_3O_8 puis UO_3.

La décomposition de l'oxalate peut être réalisée en quelques heures au cours d'un chauffage isotherme à 330°, elle conduit alors à l'oxyde UO_3 ; les spectres X des produits trempés au cours de l'expérience, présentent uniquement les raies de l'oxalate anhydre qui vont en s'affaiblissant au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'oxyde UO_3, amorphe dans ces conditions.

2° *Décomposition dans le vide* ou *en milieu réducteur* (courant gazeux : CO ou H_2). La décomposition dans le vide est possible à partir de 275° ; elle est terminée en quelques heures à 350° ; il en est de même en milieu réducteur ; le produit formé, protégé dans ces conditions de toute oxydation ultérieure, a un spectre X identique à celui de l'oxyde UO_2.

Avec un dispositif expérimental convenable le gaz dégagé au cours de la décomposition a été recueilli ; il était prévisible qu'il serait constitué par CO_2 pur ($C_2O_4UO_2 \rightarrow 2CO_2 + UO_2$). Néanmoins dans certaines expériences, de faibles quantités de CO (1 % environ) ont été décelées. Or la décomposition habituelle d'un oxalate doit fournir par volumes égaux les deux gaz CO et CO_2 ;

(¹) A. Boullé, R. Jary et M. Dominé-Bergès, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1365 ; **228**, 1949, p. 72 ; **229**, 1949, p. 214.

(²) Lebeau, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 388.

nous avons donc pensé que l'oxyde UO_2 et le gaz CO_2 recueillis ne constituaient pas le premier stade de la décomposition.

3° *Réduction de l'oxyde* UO_3 *par* CO. — L'hypothèse précédente s'est trouvée vérifiée lorsque nous avons constaté qu'à 350° la réduction de UO_3 par CO était très rapide et que l'oxyde formé était UO_2. Au contraire l'oxyde U_3O_8 reste inaltéré dans ces conditions au cours de chauffages effectués entre 300 et 450°.

Il nous paraît dès lors raisonnable d'envisager la réaction classique de décomposition :



$$C_2O_4UO_2 \rightarrow CO + CO_2 + UO_3$$

Dans tous les cas, il y aurait réduction immédiate de l'oxyde UO_3 par le CO dégagé au sein de la masse du produit ; l'oxyde résultant UO_2 évoluant ensuite dans certaines conditions expérimentales (méthode de Lebeau par exemple), vers les termes plus oxygénés selon un processus que nous préciserons plus loin. Compte tenu de la formation initiale de l'oxyde UO_3 la formule de l'oxalate devrait s'écrire : $C_2O_3UO_3$ ce qui est tout à fait en accord avec les points de vue exposés antérieurement par Guichard ([3]) et Jolibois et Fouretier ([4]).

Signalons que dans toutes ces expériences la mesure des pertes de poids ne permet pas de déterminer avec précision la formule de l'oxyde formé; tout d'abord la réduction de l'oxyde UO_3 par CO peut ne pas être complète (on trouve alors jusqu'à 1 % CO dans les gaz); ensuite il y a du gaz retenu par adsorption et nous l'avons recueilli au cours de chauffage jusqu'à 1 000° sous vide.

Étude de l'oxyde UO_2 *formé*. — Les produits résultant des diverses préparations précédentes ont des spectres X (emploi du rayonnement monochromatique $K\alpha$ du cuivre) à raies larges et floues; ces raies s'affinent à condition de chauffer l'oxyde jusqu'à 1 000° sous vide (pour la désorption des gaz par exemple). On retrouve alors le spectre à raies fines de l'oxyde UO_2 préparé de la manière habituelle par réduction de l'oxyde U_3O_8 à 1 000° dans l'hydrogène.

Une différence essentielle existe entre les oxydes UO_2 des deux origines, différence mise en évidence par les courbes d'oxydation enregistrées à la thermobalance. L'oxyde UO_2 de haute température se réoxyde selon les observations de M. Jolibois ([5]) successivement à l'état U_3O_7 (stable de 190° à 280°) puis à l'état U_3O_8, stade qui n'est pas dépassé ensuite par chauffage jusqu'à 1 000°. L'oxyde UO_2 préparé à basse température dans le vide ou en milieu réducteur se réoxyde directement à l'état UO_3, sans étapes intermédiaires visibles. Les spectres X des produits trempés au cours de la réoxydation, ne

([3]) *Chimie Minérale. Métaux*, 2e édit.
([4]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1263.
([5]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1935.

présentent que les raies de UO_2 qui vont en s'affaiblissant au fur et à mesure que l'on se rapproche de la composition UO_3.

Il nous paraît enfin intéressant de signaler le passage *réversible* de l'oxyde UO_3 amorphe à l'oxyde UO_2 cristallisé (spectre X à raies larges et floues) par réduction dans CO à 350°, suivi de l'oxydation à la même température.

CHIMIE MINÉRALE — *Décomposition thermique du tartrate neutre de potassium.* Note de (*) M. **Jules Lamure**, présentée par M. Paul Pascal.

Maumené ([1]) avait indiqué que la pyrogénation effectuée avec certaines précautions du tartrate neutre de potassium conduit à la formation du mellate $C_6(CO_2K)_6$: trois molécules de tartrate perdant chacune au-dessus de 280° les deux molécules d'eau des fonctions alcool secondaire se cyclisent sans élimination d'anhydride carbonique et laissent quantitativement le mellate. De ce sel il est facile de passer à l'acide par l'intermédiaire du sel de plomb. Plus tard, Lecuir ([2]) utilisant cette méthode pour préparer différents mellates en précisa les conditions d'application.

Cette préparation paraissant très aisée, nous l'avons reprise pour avoir les quantités d'acide mellique nécessaires à nos travaux, mais nous avons été forts surpris, en suivant cependant le processus indiqué, de ne trouver que des résidus noirs ne présentant aucun des caractères du mellate de potassium.

Nous avons alors méthodiquement étudié la décomposition thermique du tartrate en enregistrant la perte de masse en fonction de la température. Avec la thermobalance de Chevenard nous avons réalisé les essais suivants :

1° Ascension linéaire de la température de 25° ou de 50° par heure jusqu'à 140°, puis séjour pendant une heure à cette température suivi de montée de la température jusqu'à 280° et du maintien de cette température pendant une heure, ce qui correspond aux indications des précédents auteurs (*fig.* 1);

2° Ascension linéaire sans arrêt jusqu'à 280° avec une vitesse de chauffage de 25°, 50° ou 150° par heure (*fig.* 2);

3° Décomposition isotherme à 140° et à 240° (*fig.* 3).

Quel que soit le régime de l'échauffement les résultats sont identiques.

Les courbes montrent d'abord que le tartrate neutre préalablement désséché par un séjour de deux mois dans un exsiccateur à acide sulfurique garde un poids constant jusqu'à 140° et ne perd la demi-molécule d'eau de cristallisation qu'à partir de cette température (perte : calculée : 3,83 % ; lue : 3,8 %).

Le tartrate demeure alors stable jusqu'à 240°.

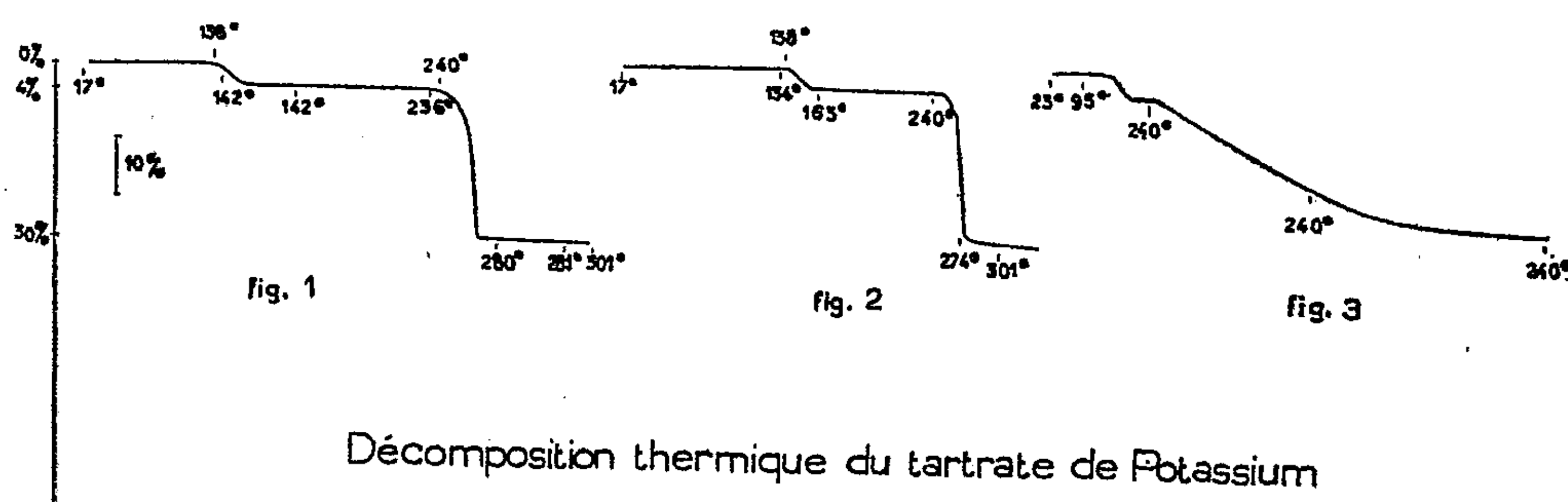
L'étude isotherme à 240° montre qu'à cette température commence une

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 13, 1895, p. 24.

([2]) *Thèse*, Paris, 1931.

décomposition rapide avec élimination simultanée d'eau et de gaz carbonique, mais en même temps la masse brunit progressivement, même si l'élévation de la température n'a été que de 25° par heure. L'analyse du résidu y montre la



Décomposition thermique du tartrate de Potassium

présence de carbonate et de pyruvate de potassium, ce dernier se décomposant peu a peu, ce qu'on peut mettre en évidence par le dégagement d'oxyde de carbone qui ne tarde pas à se produire. Finalement, on trouve, mèlés à un peu de carbone, du carbonate et de l'acétate de potassium. C'est le terme de la décomposition à cette température. Un long palier horizontal correspondant à une perte de poids de 29 % à partir du tartrate à une demi-molécule d'eau confirme ces observations.

En supposant la formation du mellate, la perte de poids correspondant aux deux molécules d'eau ne serait que de 19,15 % et devrait être mise en évidence sur les courbes puisque ce sel n'est pas décomposable à cette température.

La perte d'eau ne se fait donc pas sur les deux fonctions alcool secondaire et l'interprétation des courbes de pyrolyse ne permet pas d'admettre l'existence même passagère du mellate malgré les précautions prises pour le chauffage.

Nous pensons donc que la décomposition du tartrate neutre de potassium conduit au pyruvate, puis à l'acétate et que le mode de préparation de l'acide mellique indiqué par Maumené ne semble pas à conseiller.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude spectrographique de la lumière de fluorescence des dérivés monosubstitués de l'acridone en solution.* Note (*) de M. **Lucien Villemey**, présentée par M. Marcel Délépine.

On utilise un montage comportant comme source d'excitation le triplet 3650 Å du mercure convenablement isolé, et condensé sur la cuve contenant la solution fluorescente au moyen d'une lentille de quartz. La cuve est placée devant la fente d'un spectrographe Cojan à grande ouverture.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

Les clichés sont étalonnés par comparaison avec l'arc au fer. Pour chacun d'eux, on trace au moyen d'un microphotomètre enregistreur la courbe donnant le facteur de transmission de la couche d'argent développée en fonction de la longueur d'onde.

Pour tenir compte à la fois de la transmission des organes du spectrographe et de la répartition de la sensibilité spectrale des plaques photographiques utilisées, une étude préliminaire spectrophotosensitométrique a été faite : on établit pour cela une correspondance entre la densité optique d'un cliché dont la répartition spectrale énergétique est connue. On peut alors déterminer la brillance réelle de la lumière de fluorescence étudiée et la densité optique des clichés de fluorescence. Cette étude permet de tracer les courbes réelles de brillance énergétique pour la fluorescence des produits étudiés, quelle que soit la répartition spectrale de la sensibilité des plaques photographiques utilisées.

Parmi les dérivés monosubstitués de l'acridone que nous avons étudiés, on doit considérer séparément les molécules dont le substituant comporte une liaison d'électrovalence, pour lesquelles la fluorescence est très faible comparativement à celle des autres dérivés.

Nos conclusions peuvent-être résumées comme il suit :

1. *Dérivés dont le maximum de fluorescence est le même que celui de l'acridone* ($441^{m\mu}$). — Une substitution par un groupement méthyle ne modifie que l'intensité de la fluorescence de l'acridone sans changer la composition de la lumière émise. Il en est de même pour la substitution par un atome d'halogène.

Par contre, pour les dérivés hydroxylés et méthoxylés, la courbe de fluorescence conserve un maximum à $441^{m\mu}$, mais elle est plus étalée vers le rouge.

2. *Dérivés dont le maximum de fluorescence est différent de celui de l'acridone.* — Pour les dérivés aminés, la courbe représentative de la composition spectrale de leur fluorescence présente un maximum déplacé au centre du spectre visible, à $520-523^{m\mu}$. Bien qu'énergétiquement la fluorescence soit diminuée, elle est visuellement plus intense. L'acétylation de l'amino-acridone ramène sa courbe de fluorescence au type de celle des dérivés hydroxylés.

Cet examen systématique d'une série chimique nous a permis de préciser de nombreux points qui, dans des études antérieures, n'avaient été qu'effleurés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réductions sélectives au moyen de l'hydrure d'aluminium et de lithium.* I. Note de M. **Hugh Felkin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'hydrure double d'aluminium et de lithium, $LiAlH_4$ [1], s'est révélé un agent de réduction extrêmement commode en chimie organique [2]. On a pu

(1) Finholt, Bond et Schlesinger, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1199.

(2) Mahé, Rollet et Willemart, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 481.

rapprocher son action de celle des organo-magnésiens ([3]) car les fonctions sur lesquelles réagissent ceux-ci peuvent en général être réduites au moyen de l'hydrure double. Or, on sait qu'il est souvent possible, quand on a affaire à un composé possédant deux fonctions réactives différentes, d'attaquer l'une d'elles seule par un organo-magnésien, la seconde restant intacte.

Nous avons étudié l'action de l'hydrure double d'aluminium et de lithium sur de tels composés dans l'espoir d'aboutir à une réduction sélective d'une seule fonction à l'exclusion de l'autre. Cet espoir paraissait d'autant plus fondé que la réduction de certaines fonctions par ce réactif est presque immédiate [cétones, esters, etc. ([4])], alors que d'autres [amides, etc. ([5])] nécessitent souvent une ébullition à reflux assez prolongée.

Nous nous sommes donc adressés en premier lieu à des molécules contenant d'une part une fonction azotée [amide, oxime ([6]) ou groupe nitroaromatique] et d'autre part une fonction oxygénée (cétone ou ester).

Nous avons pu constater que, dans des conditions expérimentales appropriées, il est possible de réduire sélectivement la fonction oxygénée sans modifier la fonction azotée. En outre, dans le cas des nitro-esters, il ne semble pas que la position relative des deux fonctions dans la molécule ait une influence sur la sélectivité de la réaction.

Partie expérimentale. — Les réductions ont été effectuées sous atmosphère d'azote, en ajoutant lentement et avec agitation une solution éthérée (environ 0,1 M) de $LiAlH_4$ (en excès de 10 % par rapport à la quantité théorique) à une solution éthérée (environ 0,2 M) de la substance à réduire. On laisse reposer quelques heures à la température ambiante et l'on isole les produits de la réaction à la façon habituelle, en employant, dans le cas des oximes, l'acide acétique à la place de l'acide sulfurique pour dissoudre l'hydroxyde d'aluminium.

a. Dérivés nitro aromatiques. — Le *p*-nitrobenzoate d'éthyle a fourni 40 % d'alcool *p*-nitrobenzylique; de même, le *p*-nitrophénylacétate d'éthyle a fourni 54 % de 2-(*p*-nitrophényl) éthanol (dérivé p-*nitrobenzoylé*, $C_{15}H_{12}O_6N_2$, F 121-122°).

([3]) Hochstein, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 305.

([4]) Nystrom et Brown, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1197.

([5]) Uffer et Schlittler, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 1397.

([6]) Nous nous sommes préalablement assurés que les oximes pouvaient effectivement être réduites par l'hydrure double. Ainsi, l'oxime de l'acétophénone a fourni 67 % de α-phényl éthylamine, et le 1.1-*diphényl* 2-*oximino propanol*, $C_{15}H_{15}O_2N$, F 159-160° (obtenu par l'action de C_6H_5MgBr sur l'isonitrosopropiophénone) a fourni 15 % de 1.1-*diphényl* 2-*hydroxylamino propanol*, $C_{15}H_{17}O_2N$, F 102,5-104° [*chlorhydrate*, F 223° (bloc)], après 25 heures d'ébullition à reflux. Ce travail était déjà en cours quand nous avons eu connaissance du Mémoire de Hochstein ([3]) qui a obtenu la benzhydrylhydroxylamine à partir de l'oxime de la benzophénone.

b. Oximes. — L'isonitrosoacétophénone a fourni 34 % de *1-phényl 2-oximino éthanol*, $C_8H_8O_2N$, F 94-95°. De même, l'oxime du diéthylacétylacétate d'éthyle a fourni 61 % de *2.2-diéthyl 3-oximino butanol*, $C_8H_{17}O_2N$, F 79°,5-81°, hydrolysé par HCl 0,1 M en *3.3-diéthyl 4-hydroxy butan-2-one*, $C_8H_{16}O_2$, E_{13-14} 105-107°, n_D^{21} 1,4527, d_4^{21} 0,964 (dérivé *p-nitrobenzoylé* $C_{15}H_{19}O_5N$, F 165-166°).

c. Amide. — Le *2-acétamido 2-benzyl 3-phényl propanoate d'éthyle*, $C_{20}H_{23}O_3N$, F 124-125° [obtenu à partir du dibenzylacétylacétate d'éthyle par l'action de l'acide azothydrique [7]] a fourni 95 % de *2-acétamido 2-benzyl 3-phényl propanol*, $C_{18}H_{21}O_2N$, F 150-151°, hydrolysé par HCl-H_2O-dioxane 0,5 M en *2-amino 2-benzyl 3-phényl propanol*, $C_{16}H_{19}ON$, F 139-140°, *chlorhydrate*, F 199-201°.

Conclusion. — Dans le cas de composés comportant deux fonctions, l'une oxygénée et l'autre azotée, l'hydrure d'aluminium et de lithium permet de réduire sélectivement la fonction oxygénée en alcool sans modifier la fonction azotée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de dérivés du diphényl-1.4 naphtalène par la méthode de l'addition diénique à l'αα'-diphénylisobenzofuranne.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Edmond Toromanoff**, présentée par M. Charles Dufraisse.

On sait que l'αα'-diphénylisobenzofuranne (I) est capable de donner des dérivés d'addition diénique aux doubles liaisons conjuguées du cycle furannique, avec des philodiènes tels que l'anhydride maléique et l'acroléine par exemple, et que les adducts obtenus se deshydratent facilement en dérivés du diphényl-1.4 naphtalène tels que l'acide dicarboxylique-2.3 et l'aldéhyde en 2.

Nous avons voulu étendre la réaction diénique à d'autres philodiènes tels que la méthylvinylcétone.

A froid, dans le chloroforme ou dans l'alcool, ce corps donne deux isomères époxydiques, $C_{24}H_{20}O_2$, F_{inst} 124 et 154° en quantités inégales (environ 75 % du premier et 25 % du second). Nous pensons que ce sont les deux stéréoisomères de l'adduct, le diphényl-1.4 acétyl-2 époxy-1.4 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène (III). En effet, les deux produits, chauffés vers 80°, redonnent les corps initiaux. Mais la deshydratation, bien qu'elle permette d'arriver à des corps identiques avec chacun d'eux, donne lieu à des anomalies qui n'avaient pas été constatées dans les autres cas précédemment signalés. Ainsi à froid, avec l'alcool saturé d'HCl, les deux isomères d'addition fournissent un

---

(7) Schmidt, *Ber.*, 57, 1924, p. 704.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

mélange, d'un autre corps de formule brute identique, $C_{24}H_{20}O_2$, F_{inst} 211°, et du dérivé aromatique attendu, le diphényl-1.4 acétyl-2 naphtalène, $C_{24}H_{18}O$ (VII), F_{inst} 148-150°.

L'authenticité de celui-ci est établie par les faits suivants. Ce produit donne une oxime, $C_{24}H_{19}ON$, F_{inst}253°, et une combinaison bisulfitique. D'autre part, traité par les hypobromites (réaction de Serullas-Lieben), il se transforme en l'acide diphényl-1.4 naphtoïque-2 (VI), F_{inst}225°, dont la structure n'est pas douteuse [*voir* en particulier ([2]) et ([3])]. De plus, hydrogéné, en présence de nickel Raney, à froid, il se transforme en un carbinol, le diphényl-1.4(hydroxy-1'-éthyl)-2 naphtalène, $C_{24}H_{20}O$ (VIII), F_{inst}141°, qui est identique au produit obtenu par action de CH_3MgI sur l'aldéhyde diphényl-1.4 naphtoïque-2 (V) déjà connu.

Quant au nouvel isomère des deux adducts sa constitution reste en suspens. Bien qu'il ait un spectre d'absorption ultraviolet voisin de ces derniers il est difficile de le considérer comme un troisième stéréoisomère car, d'une part, la théorie ne prévoit que deux structures spatiales possibles pour la formule III et, d'autre part, ses propriétés sont nettement différentes de celles des deux autres. En effet, il est beaucoup plus stable et, par exemple, ne redonne pas les produits initiaux par chauffage (il peut même être sublimé à 200° sous vide). De plus, bien que l'action prolongée à chaud de l'alcool saturé d'HCl le transforme en partie en diphényl-1.4 acétyl-2 naphtalène (VII) la réaction est beaucoup plus lente que dans le cas des deux isomères de l'addition diénique.

Une autre anomalie se produit lorsque l'on traite ces deux stéréoisomères (III) par l'acide acétique saturé d'HCl : en même temps, qu'il y a déshydratation normale en diphényl-1.4 acétyl-2 naphtalène, on constate une désacétylation donnant lieu à la production de diphényl-1.4 naphtalène (IV), F_{inst} 137°, corps déjà décrit ([1]). Dans les mêmes conditions le nouvel isomère, n'est pas altéré.

Ces réactions anormales nous ont incité à reprendre les travaux anciens relatifs à l'addition diénique du diphénylisobenzofuranne et de l'acroléine ([1]).

En opérant, dans le chloroforme ou l'éther de pétrole, l'un des isomères du dérivé d'addition, le diphényl-1.4 formyl-2 époxy-1.4 tétrahydro-1.2.3.4. naphtalène, $C_{23}H_{18}O_2$ (II), a pu être obtenu sous forme cristallisée Finst = 113°, alors que jusqu'à présent on n'avait obtenu qu'une huile incristallisable. Sa déshydratation présente aussi des anomalies. Ainsi, on a constaté que la réaction effectuée, en solution dans l'alcool méthylique ou éthylique par HCl gazeux donnait, en même temps que l'aldéhyde (V) un corps de structure inconnue déjà signalé précédemment ([1]). On a remarqué

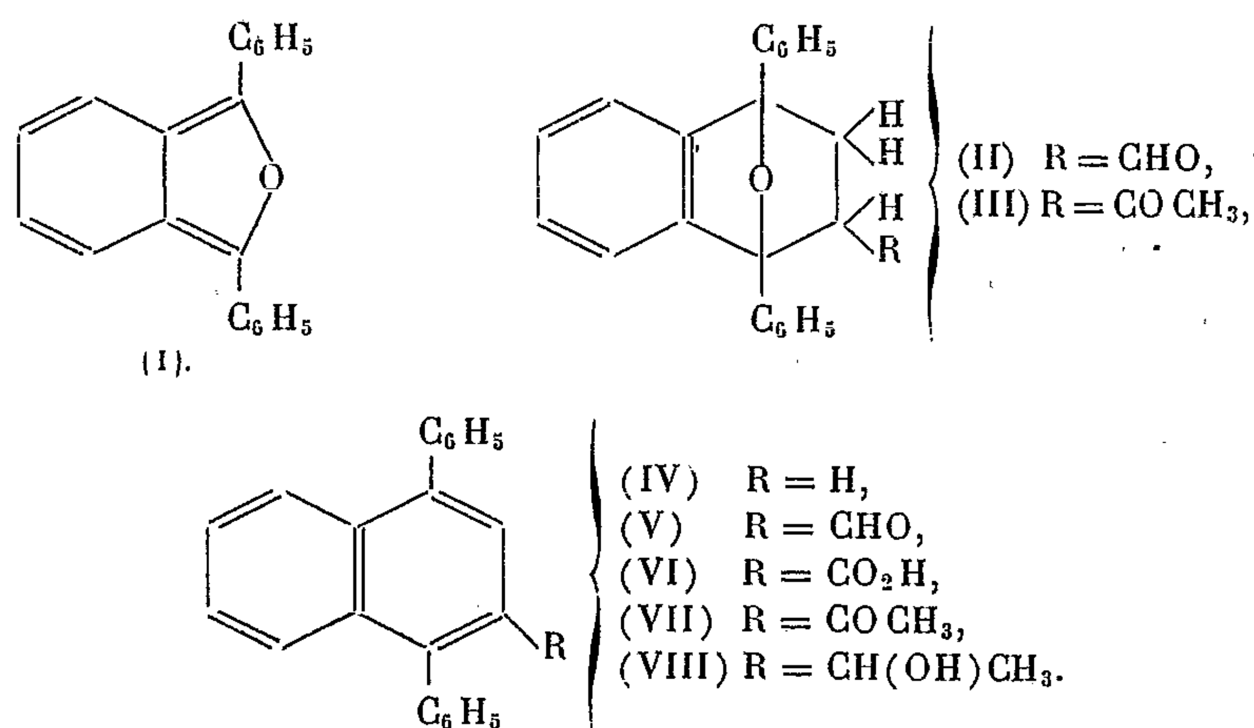
([1]) R. Weiss, A. Abelès et E. Knapp, *Monatsh. für Chemie*, 61, 1932, p. 162.

([2]) A. Étienne, *Annales de Chimie*, (12), 1946, p. 58.

([3]) A. Étienne et J. Robert, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 422.

encore que, si l'on utilise comme agent de déshydratation l'acide acétique saturé d'HCl, il y a, de préférence décarbonylation aromatisante en diphényl-1.4 naphtalène (IV) et l'on a pu mettre en évidence la libération d'oxyde de carbone. Cette *désacidylation* particulière constatée sur les adducts formylé et acétylé (II et III) est à rapprocher de la *décarboxylation* déjà signalée au cours de l'aromatisation du dérivé d'addition de l'acide maléique avec le diphénylisobenzofuranne ([4]).

L'action des acides sur ces dérivés d'addition diénique s'avère, dans certains cas, très complexe et donne lieu à des réactions particulières dont certaines sont encore inexpliquées.



MINÉRALOGIE. — *Préparation d'halloysite à 14 Å et à 17 Å.* Note de M[lles] **Simonne Caillère, Rachel Glaeser**, MM. **Jacques Esquevin** et **Stéphane Hénin**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'halloysite est un minéral constitué par des feuillets type kaolinite séparés par une couche d'eau; l'équidistance principale suivant (001) est de 10 Å. Cette couche d'eau est particulièrement labile si bien qu'en abandonnant l'échantillon en atmosphère sèche ou en le chauffant vers 60°, l'eau s'échappe irréversiblement. On obtient alors une substance à équidistance principale voisine de 7 Å comme la kaolinite, la métahalloysite.

D. M. C. Mc Ewan ([1]) traitant l'halloysite par divers corps organiques parfaitement secs comme le méthanol, l'éthanol, l'acétone a pu remplacer par ces liquides l'eau située entre les feuillets, mais ce remplacement ne modifie pas sensiblement l'équidistance de 10 Å.

Si l'on reprend ces expériences en utilisant divers alcools, en particulier le

([4]) Ch. Dufraisse et R. Priou, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 5, 1938, p. 502.

([1]) *Transactions of Faraday Society*, 44, 1948, p. 349.

propanol contenant une petite quantité d'eau, on observe la formation d'une seconde couche de liquide entre les feuillets du minéral qui se présente alors avec une équidistance (001) de 14 Å.

Ce résultat est dû à la formation d'un complexe entre le liquide employé et l'eau, car en épuisant l'eau de l'échantillon avec des alcools parfaitement secs, l'équidistance finit par retomber à 7 Å.

Si au contraire on enlève l'alcool du minéral à 14 Å par lavage à l'eau, il reste dilaté et l'on constate même un léger accroissement de l'équidistance principale qui peut atteindre une valeur apparente de 15 Å. La raie (001) est alors diffuse et peu intense ce qui montre que l'on a une hydratation non homogène. Cet hydrate est instable et abandonné à l'air, perd son eau en redonnant la métahalloysite.

Ces résultats ne sont pas toujours reproductibles. Quant on les applique à des halloysites de diverses provenances, il arrive fréquemment que le traitement ne produise l'ouverture que d'une partie des feuillets. Les autres restent à 10 Å ou même perdent leur eau et se referment à 7 Å.

Si l'on compare le comportement de ce minéral et celui de la montmorillonite on est amené à conclure que la grande facilité d'hydratation de cette dernière est due au grand nombre de cations échangeables logés entre les feuillets. Aussi, pour assurer un comportement équivalent à l'halloysite avons nous songé à la traiter par un mélange d'alcool et d'une base. Celle-ci doit avoir tendance à se fixer sur le feuillet hydrargillite et, conservant son affinité pour l'eau de la solution, jouer le rôle de *vecteur*.

Le minéral simplement broyé au mortier a été immergé dans une solution contenant 10 % d'eau de baryte à saturation et 90 % d'éthanol. Comme la présence du baryum pouvait constituer une gêne pour l'examen ultérieur aux rayons X après un temps de contact variant de 2 à 40 heures, la solution contenant l'argile en suspension a été versée dans 4 fois son volume d'eau distillée. Le lavage a été répété 2 fois par décantation.

L'examen aux rayons X de l'argile baignant dans la solution a montré que le minéral possédait un espacement (001) de 17 Å. Deux heures de contact ont suffi pour écarter environ 90 % des feuillets et ceci pour les trois échantillons étudiés provenant d'Indiana, des Eyzies et du Djebel Debar. Un contact prolongé jusqu'à 40 heures a produit la modification de la totalité des échantillons.

Contrairement à ce qui a lieu avec le traitement à l'alcool propylique suivi d'un lavage par l'eau, les couches de liquide sont énergiquement fixées. Si l'on chauffe à 105° on obtient un hydrate à 14 Å présentant une raie (001) assez intense et une raie de 2e ordre très marquée.

L'halloysite traitée puis séchée à l'air montre à la thermobalance Chévenard une perte de 10 % d'eau hygroscopique entre 0 et 200°.

Il a fallu chauffer les produits traités à 300° pour obtenir un diagramme de métahalloysite normale c'est-à-dire montrant une équidistance (001) de 7 Å.

Un essai tenté en utilisant la soude à la place de la baryte a provoqué l'ouverture d'une partie seulement des feuillets à 17 Å. D'autre part, le produit obtenu est beaucoup moins stable, puisque par chauffage à 105° la métahalloysite est régénérée. On retrouve ainsi le rôle joué par l'énergie d'hydratation du cation si nettement mise en évidence par S. B. Hendricks ([2]) puis par J. Mering ([3]) avec la montmorillonite.

GÉOLOGIE. — *Indices de climat périglaciaire dans les dépôts quaternaires du versant Nord-Pyrénéen.* Note de Mlle **Henriette Alimen**, présentée par M. Charles Jacob.

Jusqu'ici, on était fondé à penser que la presque totalité du Bassin d'Aquitaine avait échappé aux rigueurs climatiques subies par l'ensemble de la France au Quaternaire. Les actions intenses de gélivation, cryoturbation, solifluction ne paraissaient pas, en effet, dépasser le bord Nord de l'Aquitaine, et le faible développement des couvertures loessiques du revers pyrénéen parlaient dans le même sens. De récentes observations viennent modifier ces conceptions.

1° *Traces de gélivation.* — Des fracturations par le gel ont atteint profondément de gros blocs erratiques comme des galets de toutes tailles, depuis la zone des moraines (Lourdes), jusqu'aux nappes alluviales (Nay, Juillan).

2° *Dépôts de pente.* — Les dépôts de pente, forme d'accumulation par solifluction des délits de gélivation, ont, en Bigorre, un développement insoupçonné.

Dans les parties hautes, jadis glaciaires, des vallées du Gave de Pau et de l'Adour, j'ai observé des brèches, partiellement consolidées, dont le matériel est emprunté aux calcaires ou dolomies secondaires. Elles présentent les caractéristiques des dépôts de pente périglaciaires : absence de triage par gravité, éléments constituants anguleux, de petite taille, craquelés par le gel, souvent juxtaposés sans matrice. Les pentes assez fortes (20 à 35°) sont liées à la raideur des versants des vallées glaciaires. Dans cette catégorie, je range les dépôts de la rive gauche du Gave de Pau, au pied du Pibeste, entre Agos et Lugagnan, et ceux de la rive droite de l'Adour au Nord de Campan.

Dans les têtes des vallées des Baronnies, qui ne reçurent pas de glaciers quaternaires (haut bassin de l'Arros), les versants beaucoup plus adoucis sont couverts de dépôts de pente plus semblables à ceux des Charentes, dus à la gélivation

---

([2]) S. B. Hendricks, R. A. Nelson et L. T. Alexander, *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 1457.

([3]) *Trans. Far. Soc.*, 42 B, 1946, p. 205; *C. R. Colloque international Réaction à l'état solide*, octobre 1948, p. 189-194.

de calcaires aptiens (Espèche, Lomné, Laborde, où ils recouvrent une belle surface karstique), ou à la gélivation de schistes albiens (Uzer).

Dans une bande Est-Ouest plus septentrionale, les dépôts de pente sont formés de fragments gélivés de Crétacé, enrobés dans une matrice provenant d'une mince couche superficielle : placages morainiques dans le réseau des vallées actuelles et fossiles du Gave de Pau (environs d'Anclade-Arcizac, de Peyrouse, de Barlest); sables et cailloutis pliocènes dans la vallée du Luz et dans celle de l'Arros entre Bourg et Gourgue.

Dans le Nord de la Bigorre, à épaisse couverture tertiaire, les dépôts de pente sont entièrement constitués aux dépens des couches de Lannemezan. On en observe des exemples typiques sur le flanc droit du Gave de Pau, au niveau de Lagos, de même que sur la rive droite de l'Arros, à Saint-Sever-de-Rustan.

3° *Solifluctions et cryoturbations.* — Les terrasses dues aux anciens émissaires du glacier de Lourdes présentent à leur partie supérieure de belles *poches de solifluction* (terrasse d'Ossun au village de Juillan, terrasse de la vallée de Pontacq à Espouey). Des solifluctions sont également visibles au sein des alluvions, 4^m plus bas que les précédentes, dans la terrasse d'Ossun à Juillan.

A Saint-Sever-de-Rustan, la route allant à Antin coupe le dépôt de pente de la rive droite de l'Arros, formé d'argile sableuse et de galets, signalé plus haut. Sur une vingtaine de mètres de longueur, on voit les galets dessiner, au sein de l'argile sableuse, des *festons* qui mesurent en moyenne 2^m de diamètre. Il est vraisemblable que ces festons correspondent à un *sol strié* et non à un sol polygonal. Beaucoup plus au Sud, le dépôt de pente situé à l'Est d'Uzer, formé de très petits fragments schisteux (1 à 2^{cm} de long et 2^{mm} de large) montre un joli complexe de petits festons, où deux systèmes se superposent. Leur diamètre n'est que de 25^{cm}. Sur ce sol strié, un nouveau dépôt de pente s'est épandu, cette fois formé d'argile enrobant des blocs crétacés d'assez grande taille (10^{cm} en moyenne), à arêtes vives.

Il est remarquable que sur ce versant pyrénéen coexistent, à basse altitude, les deux grands types de festons qui ont été définis : les formes *miniature* (Uzer) installées en général sur les hautes montagnes tropicales, et les formes normales ou *polaires* (1) (Saint-Sever-de-Rustan). Une telle coexistence ayant également été observée en Islande pour des sols polygonaux actuels, il faut renoncer à regarder les formes *miniature* comme typiquement tropicales.

Conclusion. — Les fracturations de gélivation, la large répartition des dépôts de pente, l'existence de poches de solifluction et de sols striés à basse altitude dans les formations quaternaires de la Bigorre obligent à admettre que cette région a subi, à un moment du Quaternaire que j'essaierai de préciser ultérieurement, un climat rigoureux, semblable pour le froid et l'humidité à

(1) Y. Guillien, *Gel et dégel du sol* (*Information géographique* n° 5, 1949).

celui qui règne acuellement au Spitzberg et en Islande. Nous sommes ainsi amenés à reculer notablement la limite méridionale des indices de climat périglaciaire quaternaire.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur le Crétacé inférieur du Sud-Ouest des Alpes Maritimes.* Note de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Charles Jacob.

Plusieurs mois de recherches dans le Sud-Ouest des Alpes Maritimes me permettent d'apporter un complément d'informations sur la stratigraphie, la paléogéographie des terrains crétacés et la structure géologique. Dans la partie externe de l'*Arc de Castellane,* nos connaissances sur les terrains crétacés antérieurs à l'Hauterivien se bornaient à l'existence, à Andon, de calcaires à *Natica leviathan* (W. Kilian), berriasiens ou valanginiens, et, à Escragnolles, de marnes jaunâtres à faune mixte du Valanginien et de l'Hauterivien (A. Guébhard et W. Kilian). L'Hauterivien et le Barrémien étaient mieux connus.

J'ai limité mes explorations à la vallée de la Lane, au Nord, et aux plateaux qui dominent immédiatement Grasse, au Sud. C'est le Valanginien qui m'a fourni le plus de renseignements.

Au Nord d'Escragnolles, au pied Sud de l'Audibergue, des calcaires bicolores, transgressifs sur les calcaires blancs, corrodés et oxydés, m'ont donné *Neocomites platycostatus* du Valanginien supérieur.

Au Sud des Montagnes de l'Hubac et de l'Audibergue, dans le vallon de Monegon, des calcaires blanc grisâtre, riches en Lamellibranches : *Trigonia caudata,* etc. du Valanginien, reposent sur le Jurassique supérieur raviné, rubéfié et criblé de perforations.

Au Nord, dans la vallée du Loup et à Andon, il y a passage continu du Tithonique au Valanginien, lequel est constitué par des calcaires grisâtres et crayeux, riches en Lamellibranches : *Trigonia caudata, Pinna robinaldia,* etc., avec quelques Ammonites : *Neocomites neocomiensis, N. teschenensis, Kilianella boissieri, Astieria astieri, A. guebhardi,* appartenant à tout l'étage. J'ai suivi ces formations d'Ouest en Est sur 7^{km}, depuis la dépression qui fait communiquer la plaine de Caille avec Séranon; elles supportent en concordance les calcaires à *Acanthodiscus radiatus* de l'Hauterivien inférieur.

Au Nord-Ouest de Caille, du Néocomien très disloqué affleurant au Sud du Col Bas, contient du Valanginien calcaire avec Lamellibranches et Ammonites; j'ai recueilli là : *Pinna robinaldia, Neocomites cf. platycostatus, N. neocomiensis* var. *subquadrata, Astieria guebhardi.*

Sur le versant Sud du Bauroux, près du contact du Jurassique supérieur, des marnes jaunes avec lits calcaires m'ont donné des Bélemnites, des Huîtres, *Toxaster granosus, Zeilleria tamarindus, Rhynchonella cf. multiformis* (forme valanginienne) et *Terebratula sella.*

Plus à l'Est, à la Commanderie, les calcaires du Jurassique supérieur oxydés supportent deux mètres de calcaires blancs corrodés et rubéfiés sur lesquels transgressent des calcaires gris marneux en plaquettes contenant *Hoplites sp., Astieria sayni* et *A. guebhardi;* faune qui indique le passage du Valanginien à l'Hauterivien.

Encore plus à l'Est, dans le vallon de l'Hubac des Quatre Tours, le Jurassique blanc supporte une série de calcaires crayeux avec lits gris caractérisés par *Toxaster granosus*, *Rhynchonella cf. multiformis*, *Pinna robinaldia*, *Neocomites neocomiensis*, *Kilianella boissieri*, *Astieria guebhardi*, *A. cf. astieri*.

Enfin, au Nord-Nord-Est de Valderoure, des calcaires disloqués et broyés, crayeux à leur base, qui m'ont fourni des Ammonites écrasées : *Valanginites cf. perinflatus*, *Astieria cf. guebhardi* et *A. cf. atherstoni* indiquant le Valanginien supérieur ou son passage à l'Hauterivien, appartiennent à tout le Néocomien et au Barrémien.

Ces observations montrent que la régression post-jurassique n'a pas été générale : au Sud de la Montagne de Bleine elle aurait épargné la vallée supérieure du Loup, la Montagne de l'Hubac, la plaine de Caille et certaines parties de la vallée de la Lane (vallon de l'Hubac des Quatre Tours); cependant qu'elle s'est poursuivie jusqu'au sommet du Valanginien au Sud de l'Audibergue. A noter que, même sur cette étendue, quelques ilots restèrent émergés jusqu'à l'Hauterivien (c'est le cas du haut vallon de l'Audibergue, où l'Hauterivien à *Pholadomya gigantea* repose sur le Jurassique supérieur) et que d'autres points ont été recouverts par des eaux très peu profondes, versant Nord du Bauroux, où le Valanginien est représenté par des marnes à Huîtres, Oursins et Brachiopodes.

Par ailleurs, la transgression néocomienne déjà amorcée au Valanginien s'étendit assez loin vers le Sud, où l'Hauterivien repose sur le Jurassique supérieur corrodé, criblé de perforations et fortement oxydé. Une bonne coupe de cet Hauterivien se voit au Nord-Ouest de Caussols où, sur 15m de hauteur, cet étage, plus calcaire à la base et au sommet, débute transgressivement par des calcaires à *Acanthodiscus radiatus* et se termine sous le Barrémien par des marnes grises, très fissiles, contenant *Toxaster gibbus*, *T. cf. neocomiensis* et *Rhynchonella multiformis* var. *rotundicosta*. A. Gourdon, à l'avant de la transgression, l'Hauterivien est représenté par des marnes bleutées à *Crioceras cf. Duvali*, Oursins et Brachiopodes (Ch. Jacob et A. Guébhard) et par des marnes noirâtres, affleurant sous le Cénomanien transgressif, qui m'ont donné *Rhynchonella multiformis* var. *castellanensis*.

Le Barrémien correspond à une stase de la mer, suivie par une régression qui s'est étendue au Nord de la Lane, à l'exception de la vallée du Loup, où j'ai observé, entre les bastides de la Vallette, des calcaires marneux bedouliens passant aux calcaires barrémiens.

En résumé, on peut maintenant dégager les conclusions ci-après : le Crétacé inférieur présente, suivant des bandes sensiblement Ouest-Est, dans la région des hauts plateaux au Nord de Grasse, des faciès isopiques à caractères littoraux et néritiques qui ont été déterminés par quatre facteurs :

1° présence d'un substratum calcaire;

2° faible profondeur de la mer;

3° stabilité relative de l'écorce terrestre, caractérisée par l'absence de grandes transgressions et de poudingues;

4° proximité des massifs du Tanneron et de l'Estérel, encore recouverts de leur revêtement calcaire.

En outre, l'existence au Valanginien de faunes à affinités provençales et dauphinoises dans une zone étroite jalonnée par la plaine de Caille et la Vallée du Loup, indique la présence sur cet emplacement d'une dépression éocrétacée en liaison par l'Ouest avec la Fosse vocontienne.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Vitesses des mouvements du sol au Chambeyron (Basses-Alpes).* Note de MM. **Jean Michaud** et **André Cailleux**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Jusqu'ici, les vitesses de déplacement des pierres dans les principaux types de formations superficielles en haute montagne n'avaient jamais été mesurées en France et très peu à l'étranger ([1]). Pour combler cette lacune, et en liaison avec les Expéditions Polaires françaises (Missions P.-E. Victor), nous avons implanté des repères (marques à la peinture, pierres peintes, plaquettes d'aluminium) dans la localité classique ([2]) du Chambeyron, par Serennes (Basses-Alpes). Altitude 2700 à 2800^{m}. Lat. N. 44°50′. Matériel : calcaire et flysch. Entre août 1947 et août 1949, les résultats ont été les suivants :

Sols polygonaux. — Sur 6 sols étudiés, 4 n'ont montré aucune modification certaine. Sur un 5e sol, des pierres avaient été implantées dans différentes positions à des distances déterminées entre le centre du polygone et les bords. Elles se sont déplacées vers la périphérie de 0,5 à 4^{cm} et se sont disposées à plat. Sur un dernier sol, 4 pierres dressées en surface au centre du polygone en 1947 ont été retrouvées respectivement à des profondeurs de 0, 4, 10 et 13^{cm} et leur centre de gravité à des distances du centre du polygone respectivement égales à : 10, 5, 10 et 10^{cm}.

Sols striés. — Deux sols ont été marqués : sur l'un d'eux, aucun mouvement n'a pu être décelé. L'autre avait été bouleversé en 1947 sur la moitié de sa surface et les pierres mélangées aux parties fines, l'autre moitié servant de témoin. Or, en 1949, le sol était entièrement reconstitué, les stries nouvelles dans le prolongement des stries du témoin. Ainsi se trouve établie pour la première fois, expérimentalement, la grande rapidité de formation de certains sols structuraux ([3]).

([1]) Chaix, *Soc. Géogr. de Genève*, 1942; Dege, *Zeitschrift für Geomorphologie*; (E. de) Martonne, *La Géogr.*, II, 1920, p. 258-267; Kesseli, *The geogr. Rev.*, XXXI, n° 2, 1941

([2]) Gignoux, *Bull. Soc. Scient. du Dauphiné*, 56, Grenoble, 1937; Demangeot, *Rev. Géogr. Alpine*, 2, 1941; Cailleux, *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1er mars 1948, p. 92-93.

([3]) Cailleux, *Études de cryopédologie*, Paris, 1948.

Coulées de blocailles. — Sur 5 marques, 2 ont bougé. L'une d'elles est composée de deux traînées parallèles, l'une faite de gros blocs ($L > 300^{mm}$), l'autre de pierres ($10 < L < 50^{mm}$). Les gros blocs ont progressé vers l'aval de 3^{cm} au maximum, les pierres de 5^{cm}. Dans chacune des deux traînées, la vitesse, maximum vers le centre, décroît et s'annule vers les bords.

Glacier rocheux. — Le front du glacier rocheux a progressé en tous les points étudiés ([1]) respectivement de 44, 130, 46, 50, 10^{cm}. La progression minimum a été enregistrée sur un petit relief en voie de recouvrement par le glacier rocheux. La progression maximum a été mesurée dans la dépression du Lac Long. Ce lac, entier en 1891, lors du lever de la carte, est maintenant presque complètement divisé en deux par l'avancée du front. Au N.-E., le sentier longeant le front en plusieurs endroits a dû être progressivement dévié. Le petit lac de la cote 2794 est envahi; la comparaison avec le plan directeur au 1/20000 levé en 1891 montre que le glacier rocheux a progressé là d'une centaine de mètres en 58 ans. Sa progression (peut-être par glissement sur un résidu de glace sous-jacent encore visible en amont) est d'autant plus remarquable que tous les glaciers proprement dits des Alpes sont au contraire en nette régression. D'après Mlle Anne Faure-Muret ([1]) les glaciers rocheux du massif de l'Argentera-Mercantour sont actuellement immobiles.

Éboulis de gravité. — Les marques avaient été faites au tiers supérieur de la pente. 68 blocs n'ont pas bougé; 11 ont bougé de 5 à 450^{cm}. Quatre séries de pierres plus petites ont bougé de 1 à 200^{cm}. La progression plus importante des plus gros blocs est bien en accord avec leur accumulation vers le pied de l'éboulis, souvent décrite ailleurs et vérifiée ici.

Conclusions. — Sans doute, d'importantes variations dans l'ampleur des mouvements s'observent d'un point à l'autre, probablement en fonction des conditions microclimatiques qui, en une année donnée, permettent ou ne permettent pas la mobilisation des structures. Mais au total, de 1947 à 1949, trois sur cinq environ des sols étudiés ont bougé. Les déplacements atteignent des valeurs considérables, jusqu'à 130 et même 450^{cm} en deux ans. Ils sont probablement du même ordre dans bien d'autres secteurs de haute montagne, au-dessus de 2600 à 2800^{m}, car la localité du Chambeyron paraît présenter seulement des conditions favorables, mais non pas exceptionnelles. Les mouvements mesurés par nous seraient, sans aucun doute, susceptibles de menacer la stabilité des ouvrages et terrassements à entreprendre en haute montagne et les ingénieurs auront intérêt à en tenir compte. Ces mesures et expériences seront poursuivies et étendues dans les années à venir.

([1]) *Compte rendu somm. S. G. F.*, p. 118-120, (4 avril 1949).

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Déterminations physicochimiques en Mer du Nord.* Note (*) de M. **Robert Darmois** et Mme **Jacqueline Darmois**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans des Notes précédentes ([1]), ([2]), ([3]), nous avons déterminé les rapports η_{sp}/S (viscosité spécifique/salinité) des eaux méditerranéennes au large de Monaco et de Banyuls. Ces rapports que nous avons appelés coefficients de pureté étant sensiblement les mêmes, nous avons établi leur moyenne $2{,}117.10^{-3}$ à 20°.

Au cours d'une récente croisière en mer du Nord à bord du *Président Théodore Tissier*, navire océanographique de l'Office des Pêches, nous avons déterminé la viscosité de 2[illegible] échantillons prélevés à différentes stations dont la position est indiquée dans le tableau et à des profondeurs P rarement inférieures à 20m pour éliminer les eaux de surface toujours agitées et moins homogènes. Pour la première fois, nous avons fait les mesures en mer à l'aide du dispositif thermostatique déjà décrit que nous avons adapté aux moyens du bord.

Les mesures viscosimétriques, faites dans des zones très différentes, ont donné pour $(\eta_{sp}/S)10^3$ une moyenne de 2,197 à 28° (ou 2,134 à 20°), soit une augmentation de 0,017 comparativement aux eaux méditerranéennes. L'écart moyen des mesures actuelles 0,019 est assez faible. Les calculs ont été faits à partir des salinités S qui nous ont été communiquées par l'Office des Pêches. Le tableau donne les valeurs obtenues à 28° pour la viscosité relative η_r, le quotient η_{sp}/S et la viscosité absolue η (exprimée en centipoises) dont la valeur moyenne 0,900 est légèrement inférieure à celle de la Méditerranée à la même température. Nous donnons, à titre d'indication, les températures *t in situ*.

L'examen de ce tableau montre que les prélèvements spécialement effectués dans les pêcheries, comme les nos 8, 14 et 15 (Silver Pit et Fladen), ont un coefficient de pureté du même ordre que les autres. On pourrait s'attendre pour ces échantillons à des valeurs plus grandes, la présence de nombreux merlans ayant pu augmenter la teneur de l'eau de mer en matières organiques en solution, telles que les acides aminés. On voit qu'il n'en est rien et ce résultat important est à rapprocher de celui que nous avons obtenu antérieurement au large de Banyuls ([2]) dans une zône d'agglomération de Posidonia. La teneur de l'eau de mer en matières organiques dissoutes ne semble donc pas affectée, tout au moins dans les régions étudiées, par une plus grande richesse en êtres vivants, animaux ou végétaux.

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1157.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 740.

([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 417.

TABLEAU.

Prélèvements.									
Nos.	Dates.	Latit. N.	Long. E (Gr.).	P (m).	t (°C).	S.	η_r à 28°.	η à 28°	$(\eta_{sp}/S)10^3$.
		°	°						
1	25- 9-48....	50,46	1,29	20	16,4	34,58	1,07589	0,899	2,195
2	25-	51,06	1,29	40	16,1	35,16	07707	900	192
3	26-	51,30	1,59	40	16,1	35,23	07740	901	197
4	26-	52,00	2,11	40	16,1	35,21	07679	900	181
5	26-	52,00	3,02	25	16,2	35,07	07698	900	195
6	26-	53,08	2,34	25	15,3	34,23	07507	899	193
7	27-	53,31	1,59	20	14,0	34,42	07566	899	198
8	27-	54,00	2,09	25	14,7	34,43	07700	900	236
9	27-	54,13	1,36	25	13,6	34,52	07712	900	234
10	28-	56,01	1,41	75	7,4	34,83	07636	900	192
11	28-	56,30	1,37	50	12,2	34,96	07803	901	232
12	28-	56,30	1,37	75	7,6	34,05	07622	900	238
13	29-	57,55	0,47	140	9,0	35,43	07635	900	155
14	29-	58,12	1,31	25	11,4	35,25	07616	900	161
15	29-	58,12	1,31	75	9,9	35,25	07702	900	185
16	30- 9-48....	57,54	4,19	75	8,2	35,30	07837	902	220
17	1-10-48....	57,55	6,55	100	10,0	34,78	07659	900	202
18	1-	57,55	6,55	300	7,2	35,16	07732	901	199
19	1-	57,55	8,08	1	13,3	32,14	07293	897	269
20	1-	57,55	8,08	50	10,2	34,88	07569	899	170
21	1-	57,55	8,08	300	6,5	35,39	07627	900	155
22	2-	57,52	9,06	25	12,3	34,04	07502	899	204
23	2-	57,52	9,06	200	8,2	35,25	07720	901	190
24	2-	57,50	10,03	25	12,6	33,57	07251	897	160
25	2-10-48....	57,50	10,03	50	12,6	34,04	1,07359	0,898	2,162

Nos mesures montrent que cette teneur est un peu plus élevée en mer du Nord qu'en Méditerranée. Elle reste néanmoins assez faible, le coefficient de pureté moyen ($2,134.10^{-3}$ à 20°) étant encore peu éloigné de celui de l'eau synthétique ($2,012.10^{-3}$ à 20°).

HYDROLOGIE. — *Sur la présence du soufre libre à l'état colloïdal dans certaines sources sulfurées sodiques de Luchon (Haute-Garonne).* Note (*) de MM. **Vincent Brustier** et **Henri Garcia-Fernandez**, présentée par M. Paul Lebeau.

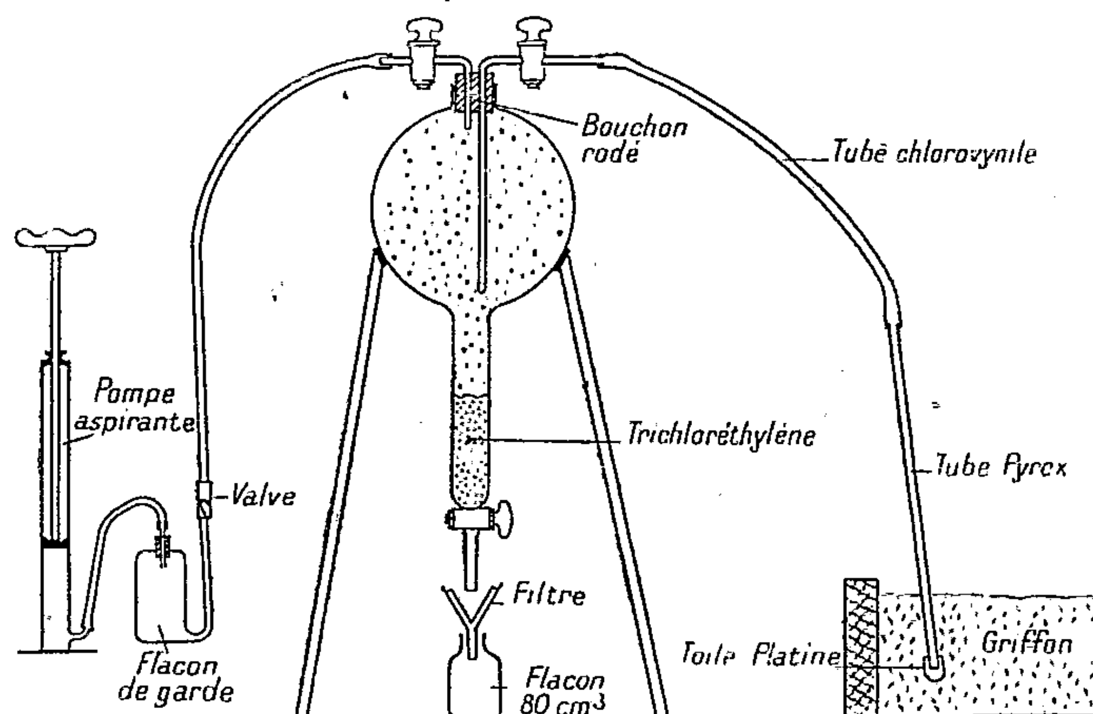
Au cours d'un travail précédent, effectué en collaboration avec M. le Professeur P. Valdiguié, nous avons montré l'existence du soufre libre à l'état

(*) Séance du 2 janvier 1950.

pseudo-dissous dans la plupart des sources sulfurées sodiques d'Ax-les-Thermes (Ariège) (1).

Ce soufre colloïdal se trouve à l'émergence et avant tout contact avec l'air. Il résulte des observations faites antérieurement par divers auteurs et de nos propres travaux que la couleur bleuâtre de l'Eau Bleue d'Ax-les-Thermes, de l'eau de Morgovejo (Léon, Espagne), l'opalescence des sources Longchamp (Ax), Blanche et Richard (Luchon) et de la lactescence de la Fontaine du Lait de Champoléon (Hautes-Alpes) sont produites par des sols de soufre d'un degré de dispersion variable. Les très fines suspensions observées en faible masse sont pratiquement incolores [source Viguerie (Ax-les-Thermes), source Bayen (Luchon)].

Rappelons brièvement la technique utilisée pour la détection du soufre. Cinq litres d'eau captée à l'émergence et le plus profondément possible, sont épuisés au griffon par 80^{cm^3} de trichloréthylène dans une ampoule à séparation en verre pyrex. Le solvant enlevé et filtré sur papier épais, afin de supprimer les traces d'eau, est évaporé au bain-marie à sec et le résidu est dissous dans l'acétone pure. Les solutions acétoniques donnent, avec un réactif alcalin (1 % de KOH pure dans l'alcool méthylique pur) des cétosols verts de soufre, plus ou moins foncés suivant la quantité de soufre séparée par le solvant. Il len résulte que le dosage peut être fait avec un électrophotomètre étalonné au moyen de solutions de concentration connue de soufre pur dans l'acétone que l'on fait réagir avec le réactif alcalin (2).



Nous avons employé cette technique pour l'étude des sources sulfurées sodiques de Luchon (Haute-Garonne). Les prélèvements ont été effectués avec un appareillage spécialement étudié pour empêcher tout contact avec l'air et éviter ainsi une possible néoformation de soufre libre par oxydation. La figure

(1) V. Brustier, P. Valdiguie et H. Garcia-Fernandez, *Bull. Ac. Nat. de Médecine*, 1948, p. 425.

(2) H. Garcia-Fernandez, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 344 et 226, 1948, p. 1908.

schématise notre méthode. L'ampoule à décantation en Pyrex, qui contient le solvant est remplie d'azote pur. On fait monter l'eau minérale par aspiration avec une pompe. Un tube en verre Pyrex, muni à son extrémité d'une fine toile de platine (destinée à empêcher l'entrée des barégines), est introduit le plus profondément possible dans le griffon. Ce tube est relié à l'ampoule par un autre tube en matière plastique au chlorovinyle (le caoutchouc ordinaire, étant vulcanisé, risquerait de laisser entraîner du soufre libre). L'ampoule remplie, on remplace une partie de l'eau par de l'azote pur pour faciliter le brassage et le contact du solvant avec l'eau minérale. On agite énergiquement. On laisse ensuite déposer le solvant qu'on recueille, après filtration, dans un flacon. Le reste du travail se fait au laboratoire.

Les résultats obtenus dans 12 sources de la station thermale de Luchon (Haute-Garonne) sont donnés dans le tableau ci-après par ordre décroissant de teneur en soufre libre.

Nos.	Source.	pH.	Température.	Soufre (mg/l).	Soufre libre (γ/l).
1.	Grotte Supérieure	8,4	59°	25,6	2291
2.	Blanche n° 1	8,65	58,5	22,4	77
3.	Richard n° 2	8,8	43	22,6	50
4.	Bordeu n° 1	8,6	»	14,8	24
5.	Les Romains	9	50,5	30,8	18
6.	Azémar	8,85	53,2	22,7	13
7.	Pré n° 2	9	51	26	13
8.	Bosquet n° 2	9	46,8	25,7	11
9.	Bayen	9,1	62,6	30,3	3
10.	Reine n° 1	8,8	57	28,3	0
11.	Le Saule n° 3	9,2	51,7	30,05	0
12.	Bayen (24 heures après le prélèvement).	–	20	–	0

En résumé, aucune relation n'apparaît entre la teneur en soufre total et celle en soufre libre. La température et le pH ne semblent jouer aucun rôle. Il est permis de supposer que le soufre libre a, comme les autres composés sulfurés, une origine profonde; il est instable et disparaît par oxydation. Il est vraisemblable qu'il intervient dans l'action thérapeutique des eaux sulfurées sodiques. Les quantités de soufre libre sont, pour la plupart, comprises entre 3 et 77 γ par litre; la teneur de 2291 γ de l'eau de la source Grotte supérieure est tout à fait exceptionnelle.

MYCOLOGIE. — *Sur la perte de fonction de synthèse de l'aneurine ou de ses constituants par quelques champignons pathogènes.* Note de MM. **Édouard Drouhet** et **François Mariat**, présentée par M. Joseph Magrou.

Le problème de la perte de fonctions de synthèse chez les champignons a suscité de nombreuses recherches; pourtant, chez les champignons pathogènes

Groupe.	Champignons cultivés.	Croissance (*). Milieu témoin	Facteurs de croissance ajoutés. Thiazole. 10^{-7}.	Pyrimidine. 10^{-7}.	Thiazole. + pyrimidine.	Aneurine. 10^{-7}.	Synthèse de (**) Thiazole.	Pyrimidine.	Aneurine (***).
I	*Coccidioides immitis*	o	o	o	o	o	o	o	o
II	*Torulopsis neoformans* I. P., 48 et 51	o	o	o	+	+	o	o	+
	Lichtheimia italica								
III	*Sporotrichum Beurmanni* I. P.	o	o	+	+	+	+	o	+
	» *Schenkti* Conant								
	» » 879								
	» » *Beurmanni*								
	» *tropicale*								
IV	*Candida albicans* I. P.	±	±	±	±	±	+	+	+
	» » Langeron								
	» *Brumpti*								
	» *para krusei*								
	» *tropicalis*								
V	*Candida Krusei*	+	+	+	+	+	+	+	+
	Hormodendron pedrosoi								
	Histoplasma capsulatum								
	Aspergillus fumigatus								
	Sterigmatocystis nidulans								
	Mucor corymbifer								

(*) o = Croissance nulle ou extrêmement réduite; ± = Croissance réduite; + = Croissance abondante.
(**) o = Absence de synthèse; + = Synthèse.
(***) A partir de la pyrimidine et du thiazole endogènes ou exogènes.

pour l'Homme ou l'Animal, ce même problème n'a été que rarement abordé. Schopfer, Robbins, Burkholder entre autres ont reconnu la nécessité de facteurs de croissance pour quelques-uns de ces champignons.

Nous avons, au cours des travaux qui font l'objet de cette Note, étudié systématiquement un certain nombre de champignons pathogènes du point de vue de la biosynthèse de l'aneurine et de ses constituants. Ces champignons proviennent de la collection du Service de Mycologie de l'Institut Pasteur.

Les cultures ont été faites sur un milieu synthétique de base comprenant : *l*-asparagine synthétique : $1^g,0$; $SO_4Mg.7H_2O$: $0^g,5$; PO_4H_2K : $1^g,5$; glucose traité par le charbon activé (Norit A) : 30^g; eau distillée dans le Pyrex : 1000^g. Chacun des champignons en expérience est mis en culture sur la série des milieux suivants : milieu de base (témoin); milieu de base + thiazole (4-méthyl 5-hydroxyéthyl-thiazole) à la concentration 1.10^{-7}; milieu de base + pyrimidine (2-méthyl-5-bromo-méthyl-6-aminopyrimidine) 1.10^{-7}; milieu de base + aneurine : 1.10^{-7}. Les cultures sont portées à l'étuve à 25° et la croissance a été évaluée après un temps d'incubation variant suivant les espèces. Cette évaluation a été déterminée d'après la densité optique (néphélémétrie) pour les champignons levuriformes et d'après le poids sec de mycélium pour les champignons filamenteux.

Dans le tableau ci-contre, nous résumons ces résultats complétés par l'estimation de la biosynthèse de l'aneurine ou de ses constituants à l'aide du test *Phycomyces Blakesleeanus* ([1]).

L'examen de ce tableau nous permet de constater que :

1° Dans les conditions de l'expérience, *Coccidioides immitis*, champignon hautement pathogène, n'a donné aucune croissance et, en conséquence, pas de synthèse de l'aneurine.

2° Les champignons du groupe II (*Torulopsis neoformans* et *Lichtheimia italica*) nécessitent comme facteurs de croissance le thiazole et la pyrimidine, par suite de la perte de la fonction de synthèse de ces deux produits. Mais, par l'apport exogène des deux constituants de l'aneurine, ils peuvent réaliser la synthèse de cette vitamine.

3° Les *Sporotrichum* (groupe III) ont conservé le pouvoir de réaliser la synthèse du thiazole, mais exigent la pyrimidine comme facteur de croissance pour mener à bien la synthèse de l'aneurine.

4° Le groupe des *Candida* pour lesquels la biotine est nécessaire à une croissance normale ([2]) ont, sur nos milieux dépourvus de ce facteur, donné une culture réduite en l'absence ou en présence de l'aneurine et de ses constituants et réalisé une très faible synthèse de la vitamine B 1.

([1]) W. H. SCHOPFER, *Arch. f. Mikrob.*, 5, 1934, p. 513.

([2]) W. H. SCHOPFER, *Rev. suisse Pathol. Bactériol*, 8, 1945, p. 441.

5° Les champignons du groupe V sont doués du pouvoir de synthèse de la vitamine B I et de ses constituants.

En conclusion, il ressort de nos expériences que les champignons nécessitant pour leur croissance l'aneurine ou ses constituants (*Torulopsis neoformans*, *Lichtheimia italica*, *Sporotrichum Beurmanni*, *Sp. Schenki*, *Sp. tropicale*) sont parmi les plus pathogènes, ce qui viendrait à l'appui de l'hypothèse soutenue par Lwoff ([3]) d'une relation possible entre la perte des fonctions de synthèse et le parasitisme.

ALGOLOGIE. — *Sur l'existence d'une alternance de générations entre l'*Halicystis parvula *Schmitz et le* Derbesia tenuissima (*De Not.*) *Crn.* Note (*) de M. **Jean Feldmann**, présentée par M. Roger Heim.

L'*Halicystis parvula* Schmitz, longtemps rapproché à tort des *Valonia*, et le *Derbesia tenuissima* (De Not.) Crn. sont deux Siphonales marines assez répandues dans la Méditerranée. L'*Halicystis parvula*, qui se présente sous l'aspect de vésicules piriformes pouvant atteindre la taille d'un pois, implantées par leur base dans les tissus des Corallinacées, produit, par transformation d'une partie du contenu des vésicules, des gamètes hétérogames biciliés. Le *Derbesia tenuissima* constitue des filaments cylindriques, très fins et ramifiés, portant latéralement des sporocystes qui mettent en liberté des zoospores très particulières pourvues d'une couronne de cils. La structure cytologique de ces deux Algues est très semblable; elle est caractérisée en particulier par des plastes en plaquettes ovales ou fusiformes, de grande taille, pourvues d'un pyrénoïde, rappelant tout à fait ceux des *Bryopsis*.

L'élevage, depuis deux ans, d'individus d'*Halicystis parvula* récoltés les uns dans la Manche, près de Roscoff, les autres dans la Méditerranée aux environs d'Alger, m'a permis d'observer la reproduction sexuée de cette Algue, qui s'effectue de la même manière que chez l'*Halicystis ovalis* (Lyngb.) Aresch. où elle a été étudiée en particulier par Hollenberg ([1]).

L'*Halicystis parvula* est dioïque et les gamètes mâles et femelles se forment et sont émis simultanément par tous les individus fixés sur un même fragment d'Algue calcaire, à intervalles réguliers coïncidant avec les phases de la Lune, comme l'avait également observé Hollenberg pour l'*Halicystis ovalis*.

Les zygotes formés germent immédiatement en produisant des filaments cylindriques siphonés qui, au bout de quelques mois, forment des touffes de filaments ramifiés, dressés, portant des sporocystes insérés latéralement et tout

---

([3]) *L'évolution physiologique*, Paris, 1943.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) *Amer. J. Bot.*, 23, 1936, p. 1-3.

à fait identiques à ceux connus depuis longtemps chez le *Derbesia tenuissima*. Cette Algue représente donc bien, comme nous l'avions supposé précédemment, Mme Feldmann et moi (²), le sporophyte de l'*Halicystis parvula* qui, lui, est le gamétophyte.

Ces observations sont à rappocher de celles de Kornmann (³) qui, ayant étudié une autre couple d'espèces (*Halicystis ovalis*, *Derbesia marina*), différant en particulier de celle que nous avons étudiée par la forme de leurs plastes très petits et dépourvus de pyrénoïde, avait constaté que les zoospores de *Derbesia marina* donnaient finalement naissance à des vésicules productrices de gamètes qu'il a identifiées à l'*Halicystis ovalis*.

Mes observations confirment donc et permettent d'étendre à l'ensemble des deux genres, les conclusions de Kornmann qui s'étaient heurtées jusqu'ici à un certain scepticisme; la morphologie des deux tronçons du cycle et surtout des éléments reproducteurs mobiles (zoospores stéphanocontées chez *Derbesia*, gamètes isocontés chez *Halicystis*) étant très différente.

Bien que les observations cytologiques ne m'aient pas encore permis de localiser la méiose dans le cycle, il est vraisemblable que celle-ci se produit au moment de la formation des zoospores chez le *Derbesia* et que l'alternance de générations s'accompagne d'une alternance de phases.

Toutefois, il est probable, à en juger par la pullulation rapide que l'on observe parfois du *Derbesia tenuissima* produisant des zoospores, que celles-ci peuvent, dans certains cas, se former sans méiose et qu'elles sont alors capables de donner directement naissance à de nouveaux *Derbesia*.

Cette apoméiose pourrait peut-être même être constante chez certains *Derbesia*, comme le *Derbesia Lamourouxii* Solier, dont on ignore le gamétophyte et qui paraît susceptible de se reproduire indéfiniment semblable à lui-même par zoospores.

PHYSIOLOGIE. — *Peut-on considérer l'acide folique et la biotine comme des facteurs adjuvants de l'acide pantothénique?* Note de Mme **Lucie Randoin** et M. **Jean Causeret**, présentée par M. Robert Courrier.

En 1944, Wright et Welch ont montré que l'administration d'acide folique et de biotine à des rats dont le régime renferme 2 % de succinylsulfathiazol fait disparaître la diminution du taux hépatique d'acide pantothénique provoquée par le succinylsulfathiazol. Ils en ont conclu à la possibilité d'une intervention de l'acide folique et de la biotine dans l'utilisation de l'acide pantothénique par l'organisme animal (¹).

(²) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 93, 1946, p. 234-237.

(³) *Planta. Arch. f. wiss. Bot.*, 28, 1938, p. 464-470.

(¹) *Journ. of Nutr.*, 27, 1944, p. 55.

Au cours de nos récentes recherches sur l'hypervitaminose PP, nous avons observé des faits qui semblaient confirmer en partie cette hypothèse : nous rappelons, en effet, que l'ingestion de fortes doses d'amide nicotinique fait apparaître, chez le Rat, des troubles qui rappellent nettement les symptômes les plus caractéristiques d'une carence en acide pantothénique, troubles qu'une administration prolongée d'acide pantothénique peut faire disparaître, *à la condition d'être acccompagnée d'une administration d'acide folique* (2).

Nous avons entrepris de nouvelles recherches en vue de savoir si *l'acide folique seul*, ou le mélange *acide folique-biotine*, permet une meilleure utilisation physiologique de l'acide pantothénique, dans le cas précis où celui-ci est administré, *à faible dose*, à des animaux qui en avaient tout d'abord été privés pendant une longue période.

Technique. — 25 jeunes rats mâles pesant de 40 à 50^{g} ont été répartis en deux lots.

Les animaux du lot I (10 témoins positifs) ont été soumis à un régime alimentaire purifié à base de caséine dévitaminée à l'alcool (18 %), d'huile d'arachide (10 %), de saccharose (68 %), de mélange salin d'Osborne et Mendel (4 %), et de papier filtre (à volonté). L'huile d'arachide employée fut additionnée de 1 % d'huile de foie de morue titrant 2 000 U. I. de vitamine A et 500 U. I. de vitamine D par centimètre cube, et de 0,015 % d'α-tocophérol. Les vitamines hydrosolubles ont été introduites, dans le régime, aux doses suivantes : par kilogramme de régime, 2^{mg} de thiamine, 3^{mg} de riboflavine, 2^{mg},5 de pyridoxine, 50^{mg} d'amide nicotinique, 10^{mg} de pantothénate de calcium, 1000^{mg} de chorure de chloline, 1^{mg} de méthylnaphtoquinone hydrosolubilisée.

Les animaux du lot II, au nombre de 15, ont été soumis au même régime privé d'acide pantothénique. Nos expériences, qui ont duré 200 jours, ont présenté, pour ce lot, quatre périodes :

Première période (du 1er au 60e jour). — Les animaux ont été soumis au régime ci-dessus mentionné.

Deuxième période (du 61e au 110e jour). — Les animaux du lot II ayant cessé de croître depuis une dizaine de jours, nous les avons partagés en trois groupes de cinq, qui ont reçu chaque jour, par voie orale, les suppléments vitaminiques suivants :

	Lot II_a.	Lot II_b.	Lot II_c.
Pantothénate de calcium.........	20 μg (3)	20 μg (3)	–
Acide folique..................	–	100 μg	100 μg

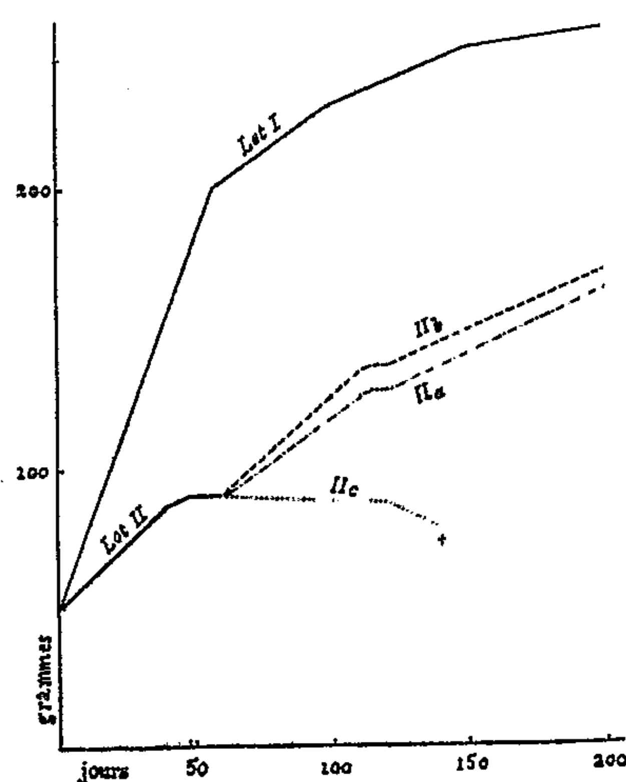
Troisième période (du 111e au 120e jour). — Période en tous points semblable à la première.

(2) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 367 et p. 399.

(3) La vitesse de croissance du rat n'est maxima que si son régime renferme au moins 100$^{\mu g}$ d'acide pantothénique par kilogramme.

Quatrième période (du 121e au 200e jour). — Les trois groupes de 5 animaux du lot II qui avaient été établis au cours de la deuxième période, ont reçu, par voie orale, les nouveaux suppléments vitaminiques suivants :

	Lot II_a.	Lot II_b.	Lot II_c.
Pantothénate de calcium.........	20 μg	20 μg	–
Acide folique....................	–	100 μg	100 μg
Biotine........................	–	5 μg	5 μg



Résultats et conclusions. — Dans les conditions de notre expérience, ni l'acide folique, ni l'association acide folique-biotine, n'ont paru capables d'améliorer la reprise de croissance provoquée par de faibles doses d'acide pantothénique chez des animaux préalablement carencés en ce facteur vitaminique (voir *le graphique*). Cependant, nous ne croyons pas possible de conclure, de ce seul fait, que l'acide folique et la biotine n'interviennent pas dans l'utilisation de l'acide pantothénique par l'organisme. La composition du régime que nous avons utilisé étant nettement différente de celle des régimes qui avaient permis d'envisager l'existence d'une telle intervention, il n'est pas interdit de penser que celle-ci est sous la dépendance de conditions d'équilibre alimentaire bien définies, qu'il faudrait déterminer.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Sur l'extension possible du principe de Le Châtelier aux organismes vivants.* Note de M. **Théophile Cahn**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Un organisme est maintenu en vie par le jeu simultané de plusieurs fonctions qui ont des caractéristiques fort différentes. Chacune des fonctions possède un appareil spécialisé, mais tous leurs éléments constitutifs (tissus, cellules)

doivent, pour se maintenir en vie, garder l'ensemble des activités correspondant à toutes les fonctions; le tube digestif et ses annexes constituent ainsi l'appareil principal de la fonction digestive mais toutes les parties de l'organisme effectuent les mêmes processus : dégradations et synthèses fermentaires, absorption, excrétion; les poumons et leurs annexes forment l'appareil principal de la fonction respiratoire mais chaque partie de l'organisme fixe l'oxygène sur un pigment et cède de l'acide carbonique, etc.

Les caractéristiques et les vitesses de réaction varient considérablement d'une fonction à une autre; on peut citer à cet égard le réflexe musculaire, un réflexe vasomoteur, une réaction hémoclasique, une réaction métabolique telle que la libération de glycogène par exemple, etc. Une même fonction peut contenir des éléments ayant des vitesses de réaction différentes, tels que le cœur et les capillaires; l'ensemble d'une fonction se présente toutefois comme une unité et ceci grâce à une régulation interne qui est souvent réalisée par l'intermédiaire du système nerveux cérébro-spinal ou sympathique.

Chaque fonction, par suite de ses caractéristiques propres, présente une certaine autonomie; chacune doit, pour la bonne marche de l'ensemble, s'adapter à tout instant, directement ou indirectement, à toutes les autres fonctions de l'organisme; les nerfs vaso-moteurs en modifiant le débit circulatoire selon l'activité d'un tissu assurent la répercussion d'une hyperactivité métabolique sur le système circulatoire qui, lui, amène des réactions du système respiratoire, etc... La régulation entre différentes fonctions se fait par les intermédiaires du système nerveux, des glandes à sécrétion interne, de messagers chimiques issus de l'activité des tissus; la constance de la composition du sang, bien que tous les tissus y puisent à tout instant les composés dont ils ont besoin et y rejettent leurs déchets, illustre l'efficacité de ces régulations. La survie d'un organisme n'est possible que grâce au déroulement régulier de ces interactions; on peut qualifier l'état normal d'un organisme comme le résultat du maintien d'un équilibre dynamique entre toutes les fonctions.

Il pourrait être utile, afin de tenter une systématisation des actions et réactions si complexes des organismes vivants, de leur appliquer un principe général établi par ailleurs, en laissant l'expérimentation décider si l'extension de ce principe constitue plus qu'un procédé didactique.

En considérant les fonctions comme les facteurs de l'équilibre interne des organismes et en assimilant cet équilibre dynamique complexe à l'équilibre thermodynamique des systèmes physiques et chimiques simples on peut essayer d'étendre le principe de Le Chatelier aux organismes vivants. Selon ce principe la perturbation d'un des facteurs participant à l'équilibre du système amène une réaction qui tend à s'opposer à l'action perturbatrice. Ce principe nous permet ainsi de prévoir une réaction de l'organisme global à la suite d'une perturbation apportée à l'une quelconque des fonctions et il nous indique aussi le sens de la réaction. La vasodilatation de réchauffement lors de

l'exposition d'une partie de la peau au froid ; la polyglobulie lors d'un séjour dans une atmosphère pauvre en oxygène ; l'hyperinsulinémie lors d'une variation rapide de la glycémie sont des exemples de ce type de réponses. Le grand nombre de fonctions et leurs interactions posent dans le cas des organismes des problèmes très particuliers et fort délicats.

Selon cette conception un organisme est considéré comme un système isolé en équilibre; une modification d'un des facteurs de l'équilibre doit se répercuter progressivement sur tous les facteurs jusqu'à l'établissement d'un nouvel équilibre. Une particularité essentielle des organismes consiste dans le fait que les vitesses de réaction varient considérablement d'une fonction à une autre; les répercussions de l'une sur l'autre peuvent ainsi durer pendant des temps longs et il peut même se faire qu'on ait des difficultés à reconstituer tous les maillons de cette chaîne d'interactions. Si un composé introduit dans un organisme suit une loi physico-chimique simple, telle que la diffusion par exemple, on peut en déduire qu'il ne trouble aucun équilibre, qu'il n'interfère avec aucun processus d'aucune fonction, qu'il est physiologiquement inactif. Lors de recherches sur les actions pharmacologiques d'agents thérapeutiques, c'est-à-dire agissant sur des fonctions, il faut rechercher attentivement des accidents tardifs dus à une action possible de ces produits sur des mécanismes qui relient entre elles différentes fonctions et dus surtout à des répercussions sur d'autres fonctions à temps de réaction plus lents.

BIOLOGIE. — *L'effet du cortisone sur la production du tissu de granulation chez le Lapin.* Note (*) de MM. CHARLES RAGAN, EDWARD L. HOWES, CHARLES M. PLOTZ et JAMES W. BLUNT, présentée par M. René Leriche.

Depuis que Hench et ses collaborateurs ont montré l'effet thérapeutique étonnant du cortisone et de l'hormone adréno-cortico-trophique dans l'arthrite rhumatismale, on a essayé l'action du produit dans un grand nombre de maladies et il semble qu'il soit particulièrement efficace dans des maladies mésenchymateuses.

Or, dans le cours de traitement par l'ACTH, il a été observé que des abcès incisés ne se couvraient pas de tissus de granulation. De même la cicatrisation des plaies de biopsie fut retardée pendant l'administration de cortisone et ne se fit qu'après la suspension du médicament.

Ces observations ont fait rechercher si l'administration de cortisone pouvait inhiber le processus normal de granulations dans les plaies artificiellement créées. On fit donc des plaies cutanées sur les deux oreilles de six paires de lapins.

Un lapin de chaque paire était traité par du cortisone de la façon suivante : $12^{mg},5$ de cortisone furent administrés par voie intramusculaire, deux fois par

(*) Séance du 9 janvier 1950.

jour, pendant 3 jours, avant la création de la plaie et pendant 5 à 8 jours après. L'autre lapin de chaque paire servait de témoin. Les animaux étaient gardés dans une pièce à température contrôlée, le traitement local préventif de l'infection était le même. De même l'alimentation. Le poids des uns et des autres resta constant.



Fig. 1.

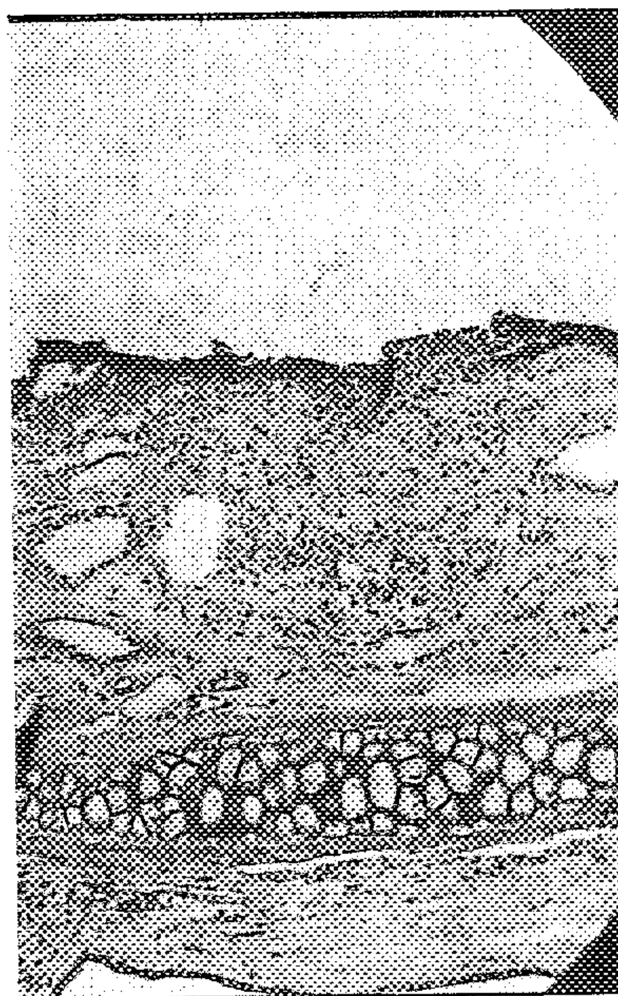


Fig. 2.

Fig. 1. — Lapin de contrôle : section transversale de l'oreille au niveau d'une plaie expérimentale, au huitième jour. A la base, le cartilage de l'oreille. On note la grande épaisseur du tissu de granulation, la présence de vaisseaux nouveaux et l'élaboration de fibrilles de réticuline.

Fig. 2. — Lapin traité par le cortisone. Section transversale de l'oreille au niveau d'une plaie expérimentale, au huitième jour. Des vaisseaux laissés intacts lors de l'ablation de la peau se voient au centre de la préparation. On note la densité des fibroblastes légèrement augmentés de volume à côté du tissu normal.

Le développement des granulations chez les animaux traités par le cortisone fut notoirement en retard dans tous les cas. Macroscopiquement, au 5e et au 8e jour, les lapins montraient peu ou pas de granulations; les vaisseaux de la plaie se dessinaient clairement tandis que les témoins avaient une bonne couche de granulations, masquant les vaisseaux.

Les Lapins traités par le cortisone présentèrent des symptômes d'hyperadré-

nalinémie tels que disparition des éosinophiles circulants, une hyperglycémie modérée après les repas, et une grande augmentation du glycogène dans le foie. La charge protéique du sérum resta la même chez tous les Lapins.

Histologiquement, les Lapins traités par le cortisone montrèrent aussi bien le 5e que le 8e jour, une frappante diminution des formations conjonctives nouvelles. La hauteur des granulations était manifestement abaissée. On ne vit pas ou on vit peu de vaisseaux nouveaux. Au 8e jour il y avait des fibroblastes formant des sortes de nids compacts au niveau des anciens vaisseaux. Chez les témoins, les fibroblastes étaient disséminés sur toute la surface de la plaie. Entre les fibroblastes on vit apparaître des fibrilles et il n'y avait plus de substance fondamentale.

Cette suppression de tout élément nouveau de tissu conjonctif est identique à celle que l'on constate dans le scorbut. Les niveaux de l'acide ascorbique du plasma chez les Lapins traités au cortisone avaient une tendance à être plus bas que chez les témoins, sans cependant, atteindre zéro.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les glandes annexes de la chambre périvulvaire de certains Gryllides.* Note de Mlle **Suzel Braesch**, présentée par M. Maurice Caullery.

La dissection des organes génitaux femelles de Gryllides du genre *Gryllus*, permet d'observer des glandes se déversant dans la chambre périvulvaire, et dénommées : *glandes annexes de la chambre périvulvaire*.

Pour certaines espèces, ces glandes ont été décrites par Dufour, Cappe de Baillon (1), G. Cousin (2), Hirowo (3); elles ont été ignorées par Berlese; enfin Fenard et récemment André Voy en ont nié l'existence.

Ces glandes sont au nombre de deux, symétriques par rapport à l'axe de l'animal, s'ouvrant largement dans la chambre périvulvaire en deux régions latéro-ventrales. Elles ont la forme de *petites houppes situées de chaque côté de la papille... à la hauteur de sa pointe* (1). Chaque glande est typiquement constituée :

1° dans la région distale, de digitations plus ou moins nombreuses, ramifiées ou non;

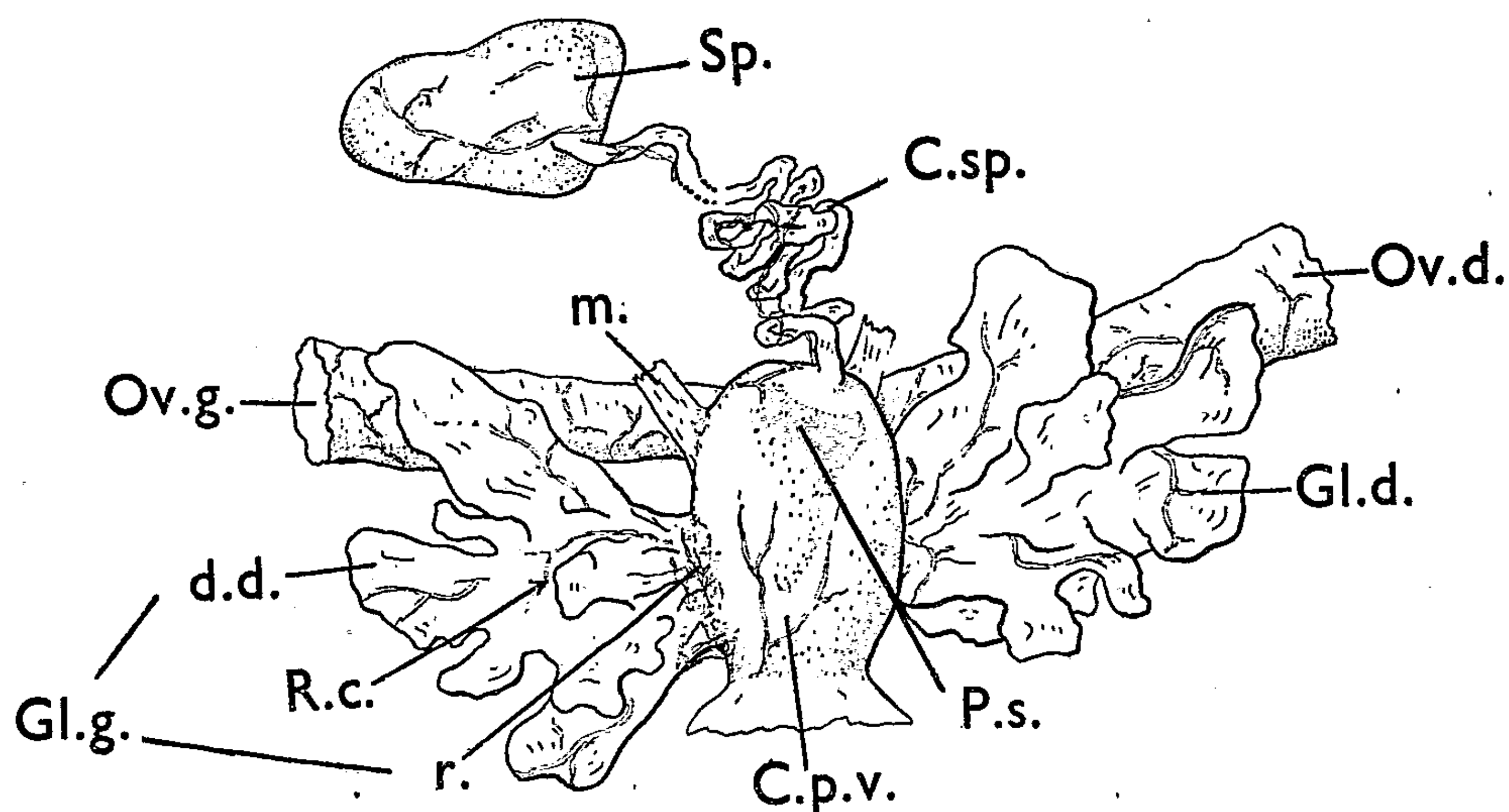
2° dans la région proximale, d'un réservoir central vers lequel convergent les digitations.

Le réservoir est continué par une zone aplatie dorso-ventralement, par laquelle les produits de la sécrétion se déversent dans la chambre périvulvaire.

---

(1) *La Cellule*, 32, 1920, p. 28-29.
(2) *Bull. biol., France Belgique*, 72, 1938, p. 99-100.
(3) *Arch. anat. micr.*, 20, 1924, p. 407.

Cette zone ne comprend sans doute pas un seul canal déférent mais un ensemble de canalicules. J'ai particulièrement étudié les deux espèces *Gryllulus domesticus L.* et *Gryllus campestris L.* En outre, j'ai retrouvé ces glandes chez d'autres Gryllides : *Gryllus bimaculatus* de Geer (Pyrénées orientales), *Gryllus leucostomus* Serville (Cameroun), *Gryllus servillei* Saussure (Australie), *Gryllus bermudensis* Caudell (Iles Bermudes), *Gryllulus burdigalensis* Latr. (Lot-et-Garonne).



Gryllus campestris ♀, organes génitaux : chambre périvulvaire et ses annexes.
Sp., spermathèque; *Ov. d.*, *Ov. g.*, oviducte droit et gauche; *C. sp.*, canal spermatique; *Gl. d.*, *Gl. g.*, glande annexe droite et gauche; *d. d.*, digitations distales; *R. c.*, réservoir central; *r.*, région déférente; *P. s.*, papille séminale vue par transparence, partie chitinisée; *C. p. v.*, chambre périvulvaire; *m*, muscles.

Chez toutes les espèces étudiées, les glandes occupent la même position. D'une part, elles ont une morphologie générale correspondant à la description type qui en a été donnée. Mais elles diffèrent cependant par deux séries de caractères portant sur le nombre de leurs ramifications et l'importance du réservoir central. Chez *G. domesticus* et *G. servillei*, les ramifications sont petites et nombreuses, tandis que, chez *G. campestris* et *G. bimaculatus*, elles sont massives, et, au contraire, très longues et peu ramifiées chez *G. leucostomus*. Le réservoir central des glandes de *G. domesticus* présente le minimum de développement relatif, et le maximum chez *G. bimaculatus*. A la dissection, ces glandes sont donc bien caractérisées.

D'autre part, leur comportement vis-à-vis des colorants, si la coloration n'est pas trop poussée, permet de les distinguer du corps gras environnant. Le rouge Soudan III colore le corps gras en masse, et ne fait apparaître que des granulations irrégulières sur les glandes annexes. Celles-ci sont, en outre,

colorées d'une façon différentielle par le vert de méthyle en solution légèrement acide. Enfin les contours arrondis, bien définis, des digitations de ces glandes permettent de ne pas les confondre avec les nombreux muscles environnants constituant les élements moteurs de l'armature génitale.

Pour confirmer les résultats obtenus à l'observation directe, des coupes ont été faites dans ces glandes. Elles ont permis d'étudier leur structure glandulaire. Les cellules sécrétrices, typiques, ont un noyau périphérique. Un coagulum a pu être observé dans la lumière des tubes. Enfin, les notions ci-dessus concernant les régions distale et proximale, ont pu être vérifiées par l'étude de coupes sériées.

Signalons que, si la morphologie de ces glandes a été étudiée, seules des hypothèses ont été émises sur leur rôle, qui n'ont pas été confirmées expérimentalement. Celui-ci serait, d'après Hirowo (4), la lubrification de l'ovipositeur et l'agglutination des œufs.

ENDOCRINOLOGIE. — *Développement intra-utérin des embryons de Souris dont les ébauches de l'hypophyse ont été détruites, au moyen des rayons* X, *au* 13e *jour de la gestation.* II. *Développement des capsules surrénales.* Note (*) de MM. **Albert Raynaud** et **Marcel Frilley**, présentée par M. Jacques Trefouël.

Nous avons décrit antérieurement (1) le développement du tractus génital des fœtus de Souris dont les ébauches hypophysaires avaient été détruites par irradiation localisée au moyen des rayons X. Nous apportons ici la description de la structure des capsules surrénales de ces fœtus ainsi hypophysectomisés.

Conditions expérimentales. — Les conditions de destruction de l'hypophyse des fœtus utilisés pour cette étude, ont été indiquées précédemment (1). Dix fœtus, et leurs témoins, sacrifiés à l'âge de 18 jours, ont été utilisés pour ces recherches : chez deux d'entre eux [nos 1432 (♂) et 1452 (♀)], il ne persiste aucun résidu hypophysaire; chez quatre autres [nos 1444 (♂), 1466 (♂), 1454 (♀) et 1464 (♀)], la destruction des ébauches hypophysaires a été subtotale (à la périphérie d'une masse de cellules nécrosées persistent seulement quelques noyaux hypercolorés ou quelques cellules altérées); chez les autres fœtus, la destruction des ébauches hypophysaires n'est que partielle. Dans tous ces cas, la destruction de l'hypophyse fœtale s'accompagne de la destruction de toute la région du cerveau traversée par le faisceau cylindrique (de 2mm,5 de diamètre) de rayons X.

(4) A. Voy, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1384.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 206 et 596; *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 954 et 959.

Résultats obtenus. — Nos observations portent sur les points suivants :

a. Développement général et dimensions des capsules surrénales. — Après destruction des ébauches hypophysaires de l'embryon, l'histogénèse générale des capsules surrénales s'est effectuée suivant un mode normal : à terme, l'organe est constitué par la partie médullaire enveloppée par la substance corticale. Les mensurations effectués chez quatre fœtus et leurs témoins, indiquent que les surrénales des fœtus 1432 et 1452 sont plus petites que celles de leurs témoins respectifs; des déterminations volumétriques devront être effectuées pour préciser cette réduction et la comparer au volume des autres organes; d'après les évaluations que permettent les mesures actuelles, la réduction du volume du cortex ne doit pas dépasser, en valeur absolue, chez les fœtus 1432 et 1452, 20 à 30 %, par rapport aux témoins.

b. Structure histologique du cortex. — Le cortex des fœtus à hypophyse détruite diffère du cortex des témoins par les caractères suivants : α. les cellules corticales sont plus petites, leur contour est en général polygonal au lieu d'être sphérique; leurs noyaux sont presque toujours ovoïdes ou irréguliers au lieu d'être sphériques; enfin, leur cytoplasme n'est pas éosinophile ou ne l'est que très légèrement, alors qu'il l'est très fortement chez les fœtus témoins; ces modifications sont particulièrement accentuées dans la moitié interne du cortex : à la place des larges cellules éosinophiles (les futurs spongiocytes) des témoins, on ne trouve que des cellules à surface déprimée, à cytoplasme clair, souvent d'aspect vacuolaire (ceci devant vraisemblablement correspondre à une absence de formation de lipoïdes); β. très peu de cellules, de la zone interne du cortex, pénètrent dans la médullaire, alors que des travées entières de cellules corticales s'y encastrent chez les témoins; *c.* enfin la zone la plus externe du cortex est peu différenciée, alors qu'elle s'organise déjà en zone glomérulaire chez les témoins.

Ces trois modifications sont très nettes chez les fœtus n° 1432, 1444 et 1452; elles sont un peu moins marquées mais présentes, chez le fœtus n° 1454. Elles sont présentes chez les fœtus 1466, 1468 et 1470 à résidu hypophysaire altéré.

Ainsi, après destruction par les rayons X des ébauches hypophysaires des fœtus de Souris, les capsules surrénales de ces fœtus diffèrent principalement de celles des témoins, par des modifications morphologiques des cellules corticales rappelant celles que l'on observe chez l'adulte après hypophysectomie; ces modifications paraissent relever d'une absence de stimulation de ces glandes par une corticotrophine hypophysaire; nos constatations expérimentales plaident donc en faveur de la sécrétion d'une hormone corticotrope par l'hypophyse fœtale; elles n'en apportent toutefois pas une preuve définitive car, dans ces expériences, les rayons X ont provoqué à la fois la destruction de l'hypophyse et la destruction du cerveau autour de l'emplacement des ébauches hypophysaires, avec nécrose des cellules cérébrales, ce qui a pu exercer secondairement une action nocive sur le fœtus; il sera nécessaire de greffer au fœtus

ainsi hypophysectomisé, une hypophyse embryonnaire pour décider si c'est bien, comme cela paraît probable, la seule destruction de l'hypophyse qui est la cause de ces altérations du cortex surrénalien ([2]).

Il est en outre, intéressant de constater que ces altérations du cortex surrénal, contrastent, chez les fœtus mâles hypophysectomisés, avec le beau développement de l'interstitielle testiculaire ([3]).

CYTOCHIMIE. — *L'acide ribonucléique des mitochondries et des microsomes du foie et ses variations au cours du jeûne protéique.* Note de Mme **Colette Vendrely** et M. **Roger Vendrely**, présentée par M. Robert Courrier.

Les variations assez considérables que subit l'acide ribonucléique (ARN) du foie au cours du jeûne protéique [alors que l'acide désoxyribonucléique (ADN) reste sensiblement constant] ont été signalées par de nombreux auteurs, en particulier Davidson et Waymouth ([1]), Campbell et Kosterlitz ([2]); plus récemment par Mandel et ses collaborateurs ([3]) et par Lagerstedt ([4]). On admet actuellement que l'acide ribonucléique joue un rôle fondamental dans le métabolisme des protéines.

D'autre part, les travaux de Claude et de son école ont montré que l'ARN cytoplasmique était essentiellement supporté par les microsomes et dans une moindre proportion par le chondriome.

Nous avons voulu étudier comment varie l'ARN dans chacune de ses deux localisations cytoplasmiques au cours du jeûne protéique.

Nos expériences ont porté sur deux lots de rats adultes, l'un (8 animaux) a servi de témoin et a été nourri normalement, l'autre (12 animaux) a été

([2]) Nous avons déjà mentionné antérieurement (*Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 555 et *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 658) ces altérations du cortex surrénal chez des fœtus présentant des destructions hypophysaires importantes associées à d'autres destructions. Chez les fœtus de rats décapités, L. J. Wells a signalé d'abord (*Anat. Rec.*, **97**, 1947, p. 409) une forte réduction du volume des capsules surrénales puis décrit (*Anat. Rec.*, **103**, 1949, p. 563) des modifications cytologiques du cortex, et signalé que l'injection de corticotrophine aux fœtus décapités, prévient ces changements. Chez les fœtus de lapins décapités, A. Jost, a également constaté (*C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 273) une très forte atrophie du cortex surrénal.

([3]) Comment interpréter cette constatation? Le comportement différent de l'interstitielle fœtale et des cellules du cortex surrénalien ne tiendrait-il pas au moment différent, par rapport à celui où la destruction hypophysaire est devenue totale, auquel ces deux glandes entrent sous le contrôle hypophysaire? On peut également se demander si des sécrétions placentaires n'ont pas pénétré dans le fœtus hypophysectomisé et stimulé l'interstitielle testiculaire, mais n'auraient pas eu d'action sur le cortex surrénal.

([1]) *Biochem. J.*, 38, 1944, p. 379.

([2]) *J. Physiol.*, **106**, 1947, p. 12.

([3]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2019.

([4]) *Acta anatomica*, **7**, 1949, suppl 9.

soumis à un régime dépourvu de protéines. Après 40 jours, tous les animaux ont été sacrifiés et leurs foies ont été prélevés. Les rats soumis au jeûne avaient perdu 36,2 % de leur poids initial.

De ce matériel nous avons entrepris l'étude chimique d'une part, l'étude cytologique d'autre part.

Étude chimique. — 1° sur un échantillon homogène de pulpe de foie provenant de l'ensemble des organes des animaux d'un même lot, nous avons effectué le dosage de l'ARN total et de l'ADN [Méthode de Schneider modifiée ([5])].

Résultats. — Nos résultats rapportés à 100^g de foie frais initial ([6]) ont été les suivants : Pour les rats témoins, $0^g,59$ d'acide à ribose et $0^g,217$ d'acide à désoxyribose; pour les jeûneurs ARN : $0^g,47$ ADN : $0^g,204$.

Fait déjà de nombreuses fois signalé, l'ADN s'est maintenu sensiblement constant malgré le jeûne, alors que l'ARN a diminué d'environ 21 %.

2° A partir d'un autre échantillon de pulpe de foie, nous avons isolé les mitochondries par la méthode au saccharose d'Hogeboom, Schneider et Pallade ([7]) pour en déterminer la teneur en ARN et nous avons séparé le résidu cytoplasmique renfermant les microsomes.

En ce qui concerne les foies des rats soumis au jeûne, il nous a été facile d'obtenir très rapidement une suspension très propre de chondriosomes en grains et en bâtonnets selon leur morphologie classique. Le matériel obtenu à partir des foies des rats bien nourris était également du chondriome authentique, mais la suspension en était moins propre. La cellule hépatique des animaux bien nourris est riche en substances de réserve et nous n'avons pas pu éliminer complètement une impureté (probablement lipidique), de trop longues manipulations risquant d'altérer les fragiles structures mitochondriales. Nous avons donc utilisé ce matériel tel qu'il était, ce qui nous oblige à prendre certaines précautions pour l'expression et l'interprétation des résultats.

Résultats. — La masse des mitochondries extraites des foies des témoins était dans notre expérience de 285^{mg} et celle des mitochondries extraites du même poids de foie des jeûneurs était de 244^{mg}. Si l'on considère que la masse des chondriosomes des témoins doit subir une certaine correction du fait de la surchage due à la présence de l'impureté dont nous avons parlé, les deux résultats précédents paraissent assez peu différents.

Quant à la teneur en ARN du chondriome, nous l'exprimerons non pas par rapport au poids de chondriosomes mais par rapport à 100^g de foie frais initial :

([5]) *Experientia*, IV, 10, 1948, p. 434.

([6]) Le poids du foie frais initial chez le rat jeûneur doit être déterminé arbitrairement au moyen du rapport :

$$\frac{\text{poids du foie}}{\text{poids du corps}}\ (\text{témoin}) = \frac{x}{\text{poids du corps avant l'expérience}}\ (\text{jeûneur})$$

([7]) *Proceed. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 65, 1947, p. 320. *J. Biol. Chem.*, 172, 1948, p. 610.

ARN du chondriome pour 100^g de foie témoin : 46^{mg}.

ARN du chondriome pour 100^g de foie des jeûneurs : 44^{mg}.

Ces résultats montrent que la teneur du chondriome en ARN est restée sensiblement constante au cours du jeûne protéique et que la diminution notable d'ARN total est, selon toute vraisemblance, due seulement à la diminution, soit de la quantité des microsomes, soit de leur teneur en ARN.

Étude cytologique. — L'examen des préparations de foie fixé au Helly colorées à l'hématoxyline ferrique nous a permis de constater que les chondriosomes sont tout à fait comparables, quant à leur nombre et quant à leur taille, chez les animaux témoins et chez les animaux soumis au jeûne. Cela vient confirmer les résultats de notre étude chimique.

La basophilie de la cellule hépatique étudiée par la coloration au vert de méthyle-pyronine est nettement diminuée chez les rats soumis au jeûne protéique. Ce fait est très vraisemblablement en rapport avec la diminution de l'acide ribonucléique des microsomes.

Conclusion. — Au cours d'un jeûne protéique de 40 jours, l'acide ribonucléique du foie a diminué de 21 % environ. Le chondriome n'a pas sensiblement varié ni en masse, ni dans sa teneur en ARN. La forte baisse de l'ARN hépatique semble donc affecter exclusivement les microsomes.

GÉNÉTIQUE MÉDICALE. — *Rapports entre le sexe des nouveau-nés et l'intervalle séparant leurs naissances.* Note (*) de M. **Raymond Turpin**, Mme **Denise Deroche** et M. **Marcel-Paul Schützenberger**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons considéré l'intervalle séparant deux naissances consécutives dans 826 familles françaises contemporaines de 7 à 13 enfants, renseignements recueillis par nous au Service de la Médaille des Familles auprès du Ministère de la Santé publique et de la Population.

Ces intervalles se répartissent en quatre groupes :

(*gg*) : entre deux garçons;

(*gf*) : entre un garçon et une fille;

(*fg*) : entre une fille et un garçon;

(*ff*) : entre deux filles.

Les familles présentant une ou plusieurs naissances gémellaires ont été exclues de ce travail.

Notons d'abord une confirmation de nos travaux antérieurs (1) : nous avons observé 1778 intervalles (*gg*); 3362 intervalles (*gf*) ou (*fg*) et 1636 intervalles (*ff*) au lieu des valeurs 1759,7; 3386,7 et 1629,6 qu'aurait respectivement indiquées la loi binomiale. Bien que sur ce faible échantillon la différence ne

(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) R. Turpin et M. P. Schützenberger, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1845-1846.

soit pas statistiquement significative, elle est du même sens que celle que nous avions observée antérieurement ([1]), montrant une liaison positive entre le sexe des enfants successifs.

Si l'on considère maintenant l'intervalle de temps séparant les naissances successives en prenant le mois comme unité on arrive aux résultats suivants :

Durée moyenne des intervalles		(*gg*)	18,38
»	»	(*gf*)	19,03
»	»	(*fg*)	18,27
»	»	(*ff*)	17,56

Plus précisément, les intervalles suivant un garçon sont plus longs que les intervalles suivant une fille de 0,776 mois et les intervalles séparant deux enfants de même sexe sont plus courts que les intervalles séparant deux enfants de sexes opposés de 0,658 mois. Par contre, la différence entre les intervalles se terminant par un garçon et ceux se terminant par une fille est infime : 0,023 mois.

Nous avons testé ces différences au moyen de l'analyse de variance, bien que les trois conditions : normalité, indépendance et orthogonalité ne soient pas rigoureusement remplies, tout spécialement en ce qui concerne la première de celles-ci. Éliminant de la somme totale des carrés, la part qui en revient aux différences systématiques entre intervalles de rang différent (il y a un allongement régulier des intervalles avec le rang de naissance), nous avons trouvé une variance résiduelle de 121.68 (estimée sur 6710 degrés de liberté) et des variances de 1019,84 et 734,23 (soient des rapports de variance F de 9,03 et 6,03) pour les deux comparaisons $[(gg)+(gf)-(fg)-(ff)]$ et $[(gg)+(ff)-(gf)-(fg)]$, respectivement. Ces différences sont donc statistiquement différentes de zéro : *elles ne peuvent pas être attribuées à des fluctuations d'échantillonnage.*

Même si la diminution du temps moyen séparant deux grossesses consécutives quand le premier enfant de l'intervalle est une fille, évoque, à la rigueur, l'intervention des facteurs psychologiques et sociologiques (désir d'un héritier mâle?), il ne saurait évidemment en être de même de l'accroissement de l'intervalle entre enfants de sexes opposés qui traduit sans aucun doute un phénomène physiologique profond. Nous y voyons l'effet de ces périodes gynophiles et androphiles que nos recherches précédentes nous avaient amenés à faire intervenir dans le mécanisme de la détermination du sexe dans l'espèce humaine.

La séance est levée à $16^h 5^m$.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JANVIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 13 janvier 1950, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Antoine Lacassagne** pour occuper, dans la Division des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Gustave Roussy*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Antoine Lacassagne** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Arrigo Finzi**, Chargé de cours à l'Université de Rome, et **Halvor Solberg**, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de Norvège, Vice-Président du Conseil International des Unions scientifiques, qui assistent à la séance.

ANALYSE DIMENSIONNELLE. — *Il n'y a pas de systèmes* UES *ni* UEM, *il y a des systèmes d'unités dimensionnellement amorphes, dont les unités sont reliées par des coefficients indimensionnés, systèmes dont chacun peut être fait à volonté électrostatique ou électromagnétique.* Note (*) de M. **Robert Esnault-Pelterie.**

Point de vue dimensionnel. — Coulomb ayant perçu et précisé les propriétés de la quantité d'électricité par sa balance, aboutissait à l'équation

$$f = k\frac{qq'}{l^2} \qquad (11)$$

(*) Séance du 5 décembre 1949.

et Ampère établissait de même la relation

$$f' = k' \frac{i\,ds\,i'\,ds'}{l^2}\left(\cos\theta - \frac{3}{2}\cos\alpha\cos\alpha'\right). \qquad (12)$$

Par quotient, et jointes à la définition $q = it$, ces formules [1] expriment une vérité permanente qui se traduit en langage moderne par la relation

$$\varepsilon\mu = L^{-2}T^{2}, \qquad (13)$$

hors de toute considération d'un système quelconque de grandeurs principales.

Si l'on construit un système *dimensionnel* à partir de l'équation de Coulomb où l'on fait ε égal à un nombre pur et qu'on fait de même pour μ à partir de l'équation d'Ampère, on obtient deux systèmes *dimensionnels* où les dimensions de chaque grandeur sont, d'un système à l'autre, dans un rapport ayant, selon le cas, les dimensions du carré d'une vitesse ou celles d'une vitesse.

Point de vue du système d'unités. Changement de système d'unité.

L'équation (6) de ma précédente Note [2], ayant la même origine analytique que la relation (1), doit être considérée comme contenant une constante :

$$u_{H_3} = C\,u_{H_1}^{c}\,u_{H_2}^{d}. \qquad (6')$$

Répartissant cette constante entre les trois paramètres physiques :

$$C_{H_3} u_{H_3} = (C_{H_1} u_{H_1})^{c} (C_{H_2} u_{H_2})^{d}, \qquad (6'')$$

et posant

$$C_{H_3} C_{H_1}^{-c} C_{H_2}^{-d} = 1, \qquad (14)$$

tout groupe de valeurs des C satisfaisant à cette dernière condition nous donnera un système de trois unités dont l'une sera dérivée des deux autres; *tout changement d'unités se résoudra ainsi en un changement, dans le cadre de la condition* (14), *des C, lesquels sont nécessairement indimensionnés.*

Établissement d'un système général d'unités. — L'électricien ayant perçu la quantité d'électricité Q comme il a été dit, et la différence de potentiel U comme figurant, en quelque sorte, la pression du fluide électrique, pouvait définir ses unités de proche en proche comme il suit :

(15)

Intensité de courant	$u_I = u_Q\,u_T^{-1}$
Capacité électrique	$u_C = u_Q\,u_U^{-1}$
Résistance électrique	$u_R = u_U\,u_I^{-1}$
Champ magnétique	$u_{\mathcal{H}} = u_I\,u_L^{-1}$
Flux magnétique	$u_\Phi = u_U\,u_T$
Induction (*self ou nuit*)	$u_{\mathcal{L}} = u_\Phi\,u_I^{-1}$ ...

---

(1) E. MERCADIER et VASCHY, *Annales télégraphiques*, 3e série, 10, 1883, p. 5 à 16.

(2) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1041. Pour la clarté du présent exposé, je numéroterai ici mes équations selon cette Note et à la suite.

Non seulement ces équations *physiques* ne se réfèrent à aucun système dimensionnel, *mais encore ne peuvent-elles s'y référer :* le choix d'un système dimensionnel implique la réduction successive des équations *dimensionnelles correspondant aux équations* (15) jusqu'à la réduction à un certain nombre de principales, mais les équations *physiques* (15) elles-mêmes ne sont pas passibles d'une telle réduction sans perdre entièrement leur signification.

L'exemple le plus simple sera le meilleur; la troisième formule, qui permet la détermination de l'une des unités en R, U ou I en fonction des deux autres, se réduirait, dans les systèmes électromagnétiques L, M, T ou L, T, Q, à

$$u_R = u_L u_T^{-1}, \tag{16}$$

qui l'égale à la vitesse unité. Une telle formule est certes correcte numériquement, elle ne présente plus aucun sens métrologique quelconque.

Pour déterminer réellement *un système d'unités, nous ne pouvons utiliser les équations* (15) *que telles quelles* et de proche en proche.

Supposons que, définissant la quantité d'électricité par un équivalent électrochimique, nous ayons justement choisi ainsi une quantité *physiquement* égale à $3^{-1}10^{-9}$ coulomb et que nous choisissions pour unité de tension celle de 300 éléments étalons en série, le tout sans autre justification *que notre gré.*

L'unité de longueur demeurant le centimètre et celle de temps la seconde, il est clair que le système (15) va nous fournir de proche en proche des unités *physiquement* identiques à celles du système électrostatique, *mais sans aucune spécification particulière de dimensions.*

Appliquant à ces unités u le changement (6″), (14), nous pourrons, par un choix convenable de deux des facteurs C, obtenir un nouveau système :

$$\begin{aligned}
&u'_Q = u_Q \,.\, 3^{+1}\,10^{+10}, && u'_R = u_R \,.\, 3^{-2}\,10^{-20},\\
&u'_U = u_U \,.\, 3^{-1}\,10^{-10}, && u'_{\mathcal{H}} = u_{\mathcal{H}} \,.\, 3^{+1}\,10^{+10},\\
&u'_I = u_I \,.\, 3^{+1}\,10^{+10}, && u'_\Phi = u_\Phi \,.\, 3^{-1}\,10^{-10},\\
&u'_C = u_C \,.\, 3^{+2}\,10^{+20}, && u'_{\mathcal{L}} = u_{\mathcal{L}} \,.\, 3^{-2}\,10^{-20},
\end{aligned} \tag{16}$$

où chacun des u' sera *physiquement* identique à l'une de nos unités EM habituelles. Si cela nous convient, nous pourrons effectuer de même la transformation

$$\begin{aligned}
&u''_Q = u_Q \,.\, 3^{+1}\,10^{+9}, && u''_R = u_R \,.\, 3^{-2}\,10^{-11},\\
&u''_U = u_U \,.\, 3^{-1}\,10^{-2}, && u''_{\mathcal{H}} = u_{\mathcal{H}} \,.\, 3^{+1}\,10^{+9},\\
&u''_I = u_I \,.\, 3^{+1}\,10^{+9}, && u''_\Phi = u_\Phi \,.\, 3^{-1}\,10^{-2}\\
&u''_C = u_C \,.\, 3^{+2}\,10^{+11}, && u''_{\mathcal{L}} = u_{\mathcal{L}} \,.\, 3^{-2}\,10^{-11}, \quad \ldots
\end{aligned} \tag{17}$$

où chacun des u'' sera *physiquement* identique à l'une de nos unités pratiques.

Tous ces changements n'ont eu lieu que par l'intermédiaire des facteurs indimensionnés C *et aucun système de grandeurs principales n'a été indiqué.*

Supposons maintenant que, pour les raisons connues, nous affections les u des dimensions électrostatiques en privant ε de dimensions; il est clair que les équations (16) imposeront aux u' les mêmes dimensions. Si inversement, et

toujours pour les raisons connues, nous affectons les u' des dimensions électromagnétiques en privant μ de dimensions, les u auront aussi les dimensions électromagnétiques. De même, il nous sera loisible, par les équations (17), de donner aux u'', *physiquement* identiques aux unités pratiques, soit les dimensions électrostatiques, soit les dimensions électromagnétiques.

On voit ainsi que les systèmes d'unités sont dimensionnellement amorphes et peuvent recevoir à volonté les dimensions qui nous conviendront; inversement, dans un système dimensionnel déterminé, les relations (6''), (14), nous permettent d'effectuer tel changement *d'unités* qui nous plaira, sans changer en rien ce système dimensionnel; c'est là, du reste, le principe fondamental de l'Analyse dimensionnelle.

Les formules dimensionnelles *qui, elles, ne comportent aucune constante,* peuvent être réduites de proche en proche jusqu'au nombre de principales qui nous convient, quelles qu'elles soient; ces formules prennent *ainsi* une signification purement *noocosmique*. Une fois un système dimensionnel obtenu, on peut même passer directement à un autre par le moyen de facteurs indimensionnés tels que

$$L^3 M T^{-2} Q^{-2}, \quad (\textit{électrostatiquement indimensionné}),$$

ou

$$L M T^0 Q^{-2}, \quad (\textit{électromagnétiquement indimensionné}),$$

qu'on utilise à la puissance convenable.

A partir des quatre dimensions qu'on attribue au système d'unités de Giorgi, on obtiendra par exemple :

$$\begin{aligned}
\varepsilon &= L^{-3} M^{-1} T^2 Q^2 \times L^3\ M\ T^{-2} Q^{-2} = \textit{indimensionné} \\
\mu &= L\ M\ T^0 Q^{-2} \times L^{-3} M^{-1} T^2\ Q^2 = L^{-2} T^2 \\
\varepsilon &= L^{-3} M^{-1} T^2 Q^2 \times L\ M\ T^0\ Q^{-2} = L^{-2} T^2 \\
\mu &= L\ M\ T^0 Q^{-2} \times L^{-1} M^{-1} T^0\ Q^2 = \textit{indimensionné}
\end{aligned}$$

repassant ainsi de même pour toutes autres grandeurs, du système quadridimensionnel de Giorgi aux systèmes tridimensionnels ES ou EM.

Il est clair que de telles transformations *dimensionnelles* (*noocosmiques*) ne sauraient affecter en rien la valeur d'entités *e-p-cosmiques* telles que *coulomb*, *ampère, ohm, farad, henry, ...,* qui demeurent *physiquement* ce qu'elles sont, et liées par les relations (15).

Cette dualité *e-p-cosmique-noocosmique* est très exactement reflétée par une dualité de formules où l'on agit, pour les unes sur des facteurs *indimensionnés* affectés d'*exposants invariables* de par une relation physique et dont un produit de puissances demeure égal à l'unité; pour les autres, en faisant varier des exposants (pas les mêmes) dans certaines conditions.

La confusion habituelle vient de la prétention à vouloir tout représenter par les formules dimensionnelles seules qui ne le peuvent.

Ce sont d'ailleurs ces considérations d'ordre épistémologique qui m'ont mis sur la voie d'une solution à l'incompatibilité entre le système Giorgi tel qu'il est habituellement présenté, et la validité *nécessaire* de la réduction de Vaschy :

Le système Giorgi n'est pas à quatre grandeurs fondamentales, mais à quatre unités de base. Il admet parfaitement n'importe quel système dimensionnel, *et il faut lui en appliquer un tridimensionnel pour le respect indispensable de la validité* physique *de la réduction de Vaschy.*

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Observations sur plusieurs souches naturelles hybridées de Culex autogène* (C. autogenicus *Roub.*). Note de MM. **Émile Roubaud** et **Sabbas Ghelelovitch.**

L'entité spécifique du Moustique commun, autrefois conçue comme une espèce linéenne simple, a pu, dans le cours de ces dernières années, être dissociée en deux espèces vraies, distinctes biologiquement, morphologiquement et génétiquement : *Culex pipiens* L. et *C. autogenicus* Roub. (1) Il a été précédemment rapporté (2) que ce dernier, le moustique commun autogène se présente dans la nature sous deux formes ou variétés morphologiques : l'autogène *ponctué* (*sterno-punctatus* Roub.), dont la face ventrale abdominale est ornée d'une ligne médiane d'écailles sombres, groupées en taches noires punctiformes et l'autogène pâle ou non ponctué (*sterno-pallidus* Roub.), dont la face ventrale est dépourvue de taches. Ces deux variétés, en raison des phénomènes d'amixie physiologique partielle qui se manifestent dans leurs intercroisements, peuvent être considérées comme deux sous-espèces vraies.

Dans la nature, les peuplements du moustique autogène sont cependant rarement représentés par l'une ou l'autre des deux formes, à l'état pur. En particulier, le type ponctué n'a été jusqu'ici rencontré qu'une seule fois, formant souche naturelle pure, à Arles. Dans la majorité des cas, les populations autogènes, recueillies en territoire français, tout au moins, se présentent comme des mélanges d'hybridation des deux variétés.

Nous donnons ci-après les résultats d'observations et d'expériences poursuivies sur les caractéristiques génétiques de trois souches naturelles, géographiquement distinctes, de Culex autogène. Ces trois souches provenaient l'une de Seine-et-Oise (Bligny), l'autre de l'Oise (Compiègne), la troisième de Corse (Sud d'Ajaccio) (3).

(1) Improprement dénommé parfois *C. molestus* par les auteurs anglo-saxons.

(2) *Bull. Soc. Path. exot.*, 38, 1945, p. 47 et *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 229. Dans ce dernier travail, l'autogène ponctué a été désigné, par inexactitude, sous le terme de *sterno-maculatus*.

(3) Recueillie par C. Toumanoff, dans un trou d'obus, à ciel ouvert.

Dans chaque souche, la population ailée se montre constituée par une association d'individus pâles et d'individus plus ou moins ponctués. Certaines différences sont, par ailleurs, observées entre les deux premières souches et la troisième. Dans les deux souches provenant du continent, les nymphes présentent une coloration grise, les spermathèques des femelles sont obscures et de forme arrondie, les pontes, le plus souvent, en barquettes allongées. Dans la souche Corse, la teinte générale des imagos, des larves au IVe stade et des nymphes est plus claire, les spermathèques, de coloration claire, sont à contour légèrement ovalaire, les barquettes de pontes moins allongées. Par sélection, ces caractères, en particulier la coloration nymphale et la forme des spermathèques sont apparus comme caractères raciaux, pouvant être stabilisés dans les élevages. Il a été ainsi possible d'obtenir une lignée *sterno-punctatus* à larves IV et pupes claires et une autre à pupes grises.

Le caractère punctatus. — Il se montre généralement moins prononcé chez les femelles des différentes souches que chez les mâles et quelquefois presque localisé à ces derniers. Il n'est pourtant pas lié au sexe; mais son expression se montre très variable selon les individus. Parfois, la ponctuation obscure se réduit à quelques écailles difficilement perceptibles, sur la région médiane des premiers sternites; d'autres fois, les taches sont plus ou moins largement apparentes. Des différences s'observent, à ce point de vue, entre individus issus d'une même ponte. Par sélection, le caractère ponctué s'accentue. Nous avons réalisé une lignée *sterno-punctatus* pure, tout à fait exempte d'individus non ponctués et semblable à la souche ponctuée naturelle d'Arles. Notons que dans les élevages maintenus à température basse du laboratoire, les ponctuations sont moins développées qu'à l'étuve à 25°C. Dans l'expression du caractère interviennent donc des facteurs d'ordre génétique et des influences phénotypiques.

Dans les intercroisements d'individus ponctués avec des individus pâles, il y a dominance incomplète du caractère *punctatus*. On observe, en F_2 une ségrégation irrégulière, ne donnant pas de proportions mendéliennes simples. Le caractère ponctué apparaît déterminé par un gène majeur et plusieurs gènes modificateurs.

La fertilité des souches. — Pour les trois souches, l'étude de la fécondité et de la fertilité des pontes fait ressortir une très grande variabilité. Beaucoup de pontes de femelles, reconnues fécondées, ne fournissent qu'une proportion d'éclosions larvaires plus ou moins faible. Parfois, aucun des œufs d'une ponte fécondée ne donne de descendants. Les ratés dans les éclosions ne sont pas dus à des conditions défavorables du milieu de développement, car d'un lot d'élevage à l'autre, où ces conditions sont identiques, il existe souvent de grandes différences dans les chiffres de jeunes larves produites. Des différences sont également observées sous le rapport de la fertilité des œufs : *a*. entre les pontes

de deux femelles-sœurs; *b.* entre les pontes des générations successives d'une même lignée d'élevage.

Les mauvaises éclosions ne dépendent pas, d'autre part, de l'insuffisance des géniteurs, ceux-ci étant choisis habituellement parmi les moustiques provenant de pontes ayant fourni des éclosions normales.

Le plus grand nombre des œufs stériles renferment des larves développées, mais non viables; certains œufs accusent un début de développement embryonnaire, d'autres ne montrent pas de développement. Sur 39 pontes étudiées pour l'ensemble des trois souches, 17 furent entièrement fertiles, 15 partiellement, 7 entièrement stériles. Sur 25 pontes obtenues par croisement de géniteurs des différentes souches, 11 furent entièrement fertiles, 10 partiellement, 4 entièrement stériles. L'absence de proportions mendéliennes simples dans la répartition de la stérilité dans chaque ponte, la grande variabilité des manifestations de ce caractère rendent difficile son interprétation exacte ([4]). Il n'en ressort pas moins que les populations naturelles hybrides de l'autogène supportent une forte réduction spontanée, du fait de son intervention.

En résumé, l'étude de trois souches géographiquement différentes de Culex autogène fait ressortir qu'il s'agit, dans les trois cas, de mélanges par hybridation des deux variétés *sterno-punctatus* et *sterno-pallidus*, avec adjonction de divers caractères raciaux indépendants. Une forte porportion d'œufs stériles dans les pontes de chacune des souches traduit l'influence réductrice de ces interférences naturelles de génotypes multiples, parmi les population du moustique autogène.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la répartition du rubidium dans les familles de Phanérogames.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

En conséquence des observations que nous avons faites au sujet de la teneur en rubidium de diverses familles de Phanérogames ([1]), nous avons augmenté nos récoltes et nos analyses dans une proportion importante, de manière à réduire l'influence quantitative des cas exceptionnels sur l'ensemble des résultats obtenus et à faire ressortir ainsi, avec plus de certitude, le sens et l'étendue des variations que les premières recherches avaient fait apparaître. Les nouvelles récoltes ont été faites en 1948, surtout dans la vallée du Grésivaudan, entre Grenoble et Annecy, avec Goncelin comme point central, et, en 1949, dans la région de Nozay (Loire-Inférieure). A ces récoltes principales en ont été ajoutées quelques autres provenant de la région parisienne, de la Vendée, de la Loire-Inférieure et même des Pyrénées. Nous sommes passés ainsi de 280 espèces à 366 et, en tenant compte des plantes

---

([4]) Il a été reconnu précédemment, en partant de souches sélectionnées, que le caractère amixique est introduit, comme caractère dominant, par les ♂ *sterno-pallidus* dans le génotype ponctué (*Comptes rendus*, 220, 1945, p. 229).

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2104.

récoltées dans plusieurs localités et analysées comparativement, de près de 300 échantillons différents à 430.

Le nombre des espèces végétales varie beaucoup selon les familles : en France, les Composées sont les plus nombreuses; les Graminées et les Papilionacées sont déjà bien moins riches; les Solanées, qui jouent un si grand rôle par leurs qualités, soit alimentaires, soit médicamenteuses, n'ont guère plus, d'une trentaine d'espèces. A côté de ces principales familles, 16 ne comptent que de 20 à 30 espèces, 12 de 10 à 20, 50 de 2 à 10, et 22 familles sont réduites à un seul type.

Nous n'avons pas récolté indifféremment toutes les plantes rencontrées; nous avons tenu compte, dans une certaine mesure, de l'étendue plus ou moins grande des familles en espèces, tout en attachant un intérêt un peu plus grand aux familles principales. Nous n'avons pas oublié de faire la part qui convient aux espèces qui croissent dans les lieux humides et dans les lieux secs, de n'accorder aux plantes rares qu'une place limitée, etc. De telle sorte, qu'en définitive, nos récoltes représentent assez bien, hormis les espèces arborescentes et sous-arborescentes, l'ensemble des plantes, sauvages ou cultivées, qui constituent le tapis végétal de notre pays.

Voici, exprimées en milligrammes par kilogramme de matière sèche, les teneurs moyennes en rubidium que nous avons trouvées, soit par échantillon, soit par espèce (²) dans les familles étudiées

	Nombre		Rubidium par	
	d'échantillons.	d'espèces.	échantillon.	espèce.
Dicotylédones.				
Renonculacées	16	14	18,2	17,8
Crucifères	33	26	23,4	23,4
Caryophyllées	12	11	30,1	27,3
Légumineuses	33	26	17,2	16,5
Rosacées	16	12	14,4	11,7
Ombellifères	20	14	21,0	18,8
Composées	48	42	20,9	21,1
Borraginées	8	8	18,8	18,8
Solanées	12	10	28,2	27,9
Scrofulariées	14	14	11,8	11,8
Labiées	31	25	10,2	11,0
Salsolacées	9	9	37,6	37,6
Polygonées	16	12	23,5	21,8
Autres familles	93	82	15,8	15,1
Monocotylédones.				
Graminées	42	35	12,0	12,5
Autres familles	27	27	20,1	20,1

(²) Des espèces dont il a été analysé plusieurs échantillons, nous n'avons fait intervenir dans notre calcul que les moyennes des chiffres trouvés, d'où les petites différences qui existent entre les colonnes relatives aux échantillons et aux espèces.

En rapprochant ces résultats on trouve, d'autre part :

	Nombre d'échantillons.	Nombre d'espèces.	Rubidium par échantillon.	Rubidium par espèce.
Dicotylédones	361	304	18,8	18,2
Monocotylédones	69	62	15,2	15,8
Et pour la totalité des Phanérogames	430	366	18,3	17,9

Il y aurait donc, comme moyenne générale, dans l'embranchement des Phanérogames, environ 18^{mg} de rubidium par kilogramme de matière sèche : un peu plus dans la classe des Dicotylédones et un peu moins et même très nettement moins dans celle des Monocotylédones.

En se reportant aux chiffres du tableau, on voit que :

1° chez les Monocotylédones, c'est la nombreuse et très importante famille des Graminées qui est cause de l'abaissement de la teneur moyenne du groupe en rubidium. La teneur des Graminées n'est, en effet, que de 12,5 mg/kg de matière sèche;

2° chez les Dicotylédones, on rencontre trois importantes familles qui sont aussi peu et même moins pourvues en rubidium que les Graminées. Ce sont les Labiées, les Rosacées et les Scrofulariées (de 11 à 11^{mg},8).

Il est remarquable que les Labiées et les Scrofulariées, si voisines au point de vue morphologique, le soient aussi au point de vue chimique.

Il existe, par contre, plusieurs familles de Dicotylédones qui possèdent une teneur en rubidium fort au-dessus de la moyenne de la classe. Ce caractère est déjà très marqué chez les Crucifères, il l'est bien davantage chez les Solanées, pour ne citer que des plantes très répandues et dont il a été examiné un nombre d'espèces assez élevé par rapport à celui qui entre dans la famille ([3]).

Les nouveaux résultats que nous apportons aujourd'hui s'accordent aussi bien qu'il était possible de s'y attendre avec ceux que nous avons publiés les années précédentes.

De nouvelles analyses changeront sans doute un peu les évaluations actuelles, mais on peut déjà admettre, comme largement établi, que la répartition du rubidium parmi les végétaux présente chez les Phanérogames, comme chez les Cryptogames ([4]), non seulement un caractère quantitatif particulier à certaines espèces, mais propre à des groupes entiers d'espèces que d'autres caractères communs rassemblent en genres, en familles et en classes.

Cette constatation atteste d'une manière frappante la dépendance qui existe chez les êtres vivants entre la morphologie, la physiologie et la composition chimique élémentaire.

([3]) Les détails des analyses paraîtront dans une autre publication.

([4]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 572; *Ann. Inst. Past.*, **73**, 1947, p. 797; *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1128; *Ann. Inst. Past.*, **76**, 1949, p. 199.

SÉISMOLOGIE. — *Sur une zone séismique de l'Océan Indien méridional,* Note (*) de M. **Charles Poisson**.

Une zone séismique existe dans l'Océan Indien méridional à environ 1900^{km} au Sud-Est de Tananarive. Des tremblements de terre provenant de cette origine ont à diverses reprises manifesté une intensité suffisante pour fournir de bons enregistrements jusqu'aux antipodes de l'épicentre (Californie). Toutes les données sont publiées dans l'*International Seismological Summary*, qui énumère une cinquantaine de secousses entre 1925 et 1933.

La détermination précise des coordonnées épicentrales doit être facilitée par les emplacements favorables de bonnes stations d'observation, en Afrique du Sud, Égypte, Syrie, Turkestan russe, Indes, Australie. Depuis octobre 1927 Tananarive a enregistré toutes les secousses mentionnées dans l'I. S. S., et un certain nombre d'autres chocs plus faibles, probablement de même origine.

Gutenberg et Richter ont publié en 1941 une liste des principales secousses, fixant l'heure-origine et les coordonnées approximatives des différents épicentres ([1]).

Or la comparaison de ces résultats avec celui que l'on tire, dans chaque cas, de l'heure d'arrivée des ondes P à Tananarive offre une vérification fort avantageuse vu la proximité de la zone, et la très grande sensibilité des variations à ces distances de la durée de propagation pour de petites erreurs de localisation de l'épicentre. Utilisant la documentation de l'I. S. S., j'ai cru devoir reprendre le calcul des épicentres pour toutes les secousses d'importance suffisante entre le 19 octobre 1927 et le 13 août 1933, soit 14 tremblements de terre. Mes calculs ayant été effectués suivant les méthodes classiques, et confrontés en outre avec des tables dressées par nous, et donnant, en fonction des tables de Jeffreys et Bullen (édition 1940), les durées de propagation des ondes P à une cinquantaine de bonnes stations, pour des épicentres espacés de 0°,5 en latitude et longitude entre 33° et 35° Sud, 56° et 60° Est, il n'est pas nécessaire de décrire ici ces procédés. On a bien entendu fait usage des latitudes dites géocentriques pour le calcul des distances sur l'ellipsoïde terrestre.

L'onde P parvient en général à Tananarive sous la forme très nette d'un impetus *i*, sauf de rares cas isolés où l'impetus *i* fut précédé d'une emersio *e*. C'est une onde de dilatation, indiquant qu'à l'épicentre le premier mouvement est toujours un effondrement.

La zone active entre 1927 et 1933 est comprise entre les latitudes 33° et 34° Sud, les longitudes 57° et 59° Est. Dans l'ensemble nos résultats

---

(*) Séance du 5 décembre 1949.

([1]) *Geological Society of America*, Special Papers, number 34; Beno Gutenberg and C. F. Richter, *Seismicity of the Earth*, p. 77 à 80.

s'accordent avec ceux de Gutenberg et Richter, à l'exception des cinq cas où Gutenberg et Richter estiment la longitude à 60°.

Ce très faible désaccord s'explique aisément si l'on considère les particularités que notre étude met en lumière. D'une façon constante, en effet, l'onde P s'inscrit à Tananarive 3 secondes plus tard que l'heure attribuée par les tables de Jeffreys pour la distance correspondante, comprise entre 17° et 18°. La vitesse de propagation des ondes P dans ce secteur de l'Océan Indien est donc plus lente que celle des tables. Jeffreys a d'ailleurs signalé lui-même un phénomène exactement semblable (retard de 3 secondes entre 17° et 20°) pour des enregistrements effectués dans des stations de l'Amérique du Nord ([2]).

Mais dans l'Océan Indien ce ralentissement ne paraît pas limité aux distances inférieures à 20°. Il s'étend probablement dans l'Ouest jusqu'en Afrique du Sud (Capetown) et région des Grands Lacs (Entebbe), et dans le Nord jusqu'à Bombay, le long de la dorsale sous-marine de Carlsberg.

Faut-il voir dans ce fait une influence géologique de l'ancien continent de Gondwana? Cette hypothèse semblera peut-être moins risquée si l'on remarque une deuxième particularité de nos séismes. Alors que les ondes P ont un retard systématique vers Madagascar, on constate au contraire une avance en direction des stations de l'Australie Occidentale (Perth) et jusqu'à Adelaïde. A l'autre extrémité de l'Australie les heures d'arrivée à Sydney (Riverview) s'effectuent au moment prévu par les tables.

Ainsi les observations séismologiques mettraient en évidence une différence marquée dans les propriétés élastiques de couches sous-marines peu profondes (o à 30^{km}), puisque les enregistrements n'ont jamais présenté les indices caractéristiques de profondeur anormale. Entre la région séismique (en moyenne 33°,5 Sud, 58°,5 Est) et Madagascar (ou l'Inde) les ondes de dilatation subissent un ralentissement, et, au contraire, une accélération entre l'épicentre et l'Australie.

Au point de vue pratique on trouverait dans ces faits l'explication de quelques divergences d'opinion dans l'emplacement des foyers : les distances extraites des tables seraient un peu trop longues lorsque l'on part de Madagascar ou des Indes, un peu trop courtes si l'on utillise les excellentes stations d'Australie, Perth et Adelaïde. Les coordonnées ainsi calculées auraient tendance à une légère exagération de la latitude et de la longitude.

Lors du Congrès d'Oslo (*Comptes rendus*, p. 152), Jeffreys signalait lui aussi des vitesses de propagation d'ondes P supérieures à celles adoptées dans les tables. Mais il s'agissait d'une région délimitée d'Europe. L'Océan Indien méridional offrirait un exemple de frontière géographique entre les deux sortes d'ondes P différentes de la moyenne.

([2]) *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 30, july 1940, p. 225-235 (On Pup to 20° in North America).

M. **Jean Chazy** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter un livre intitulé : *Célèbres problèmes mathématiques*, dont l'auteur est M. Édouard Callandreau, Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures. Ce livre a surtout pour objet, dans des théories mathématiques devenues classiques et impersonnelles, de réintroduire une part historique, humaine. Il traite du dernier théorème de Fermat, de la transcendance du nombre *e*, des polyèdres réguliers, des courbes brachistochrones, de la précession des équinoxes, de la rotation de la Terre et l'expérience de Foucault, des fonctions continues sans dérivées, et de beaucoup d'autres problèmes, plus de cent au total. Tantôt M. Callandreau reprend les mises au point des maîtres de notre jeunesse, et tantôt il évoque le savant qui a résolu tel problème, ou rappelle la part de chacun de ceux qui ont créé, découvert ou développé telle théorie. Beaucoup de ces maîtres et de ces savants ont été nos Confrères.

M. **Georges Bouligand** fait hommage d'un fascicule intitulé : *L'Analyse géométrique et sa place dans l'œuvre de Gaston Darboux*, texte d'une Conférence donnée au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, à Clermont-Ferrand, le 19 juillet 1949.

M. **Henri Besairie** fait hommage de neuf *Cartes géologiques de Madagascar* au 1/200000 dont les levers ont été établis : *Behara* et *Fort-Dauphin*, *Bekily*, *Ampotaka*, *Tsihombe*, par lui-même; *Ampanihy*, *Ambovombe*, en collaboration avec M. Ch. Abadie; *Esira*, *Tsivory*, *Manantenina*, en collaboration avec M. E. Rakotondramazava.

M. **Léon Moret** adresse un volume qu'il vient de publier : *Manuel de Paléontologie végétale*.

CORRESPONDANCE.

M. **Robert Grandpierre** adresse des remercîments pour la distinction accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Encyclopédie biogéographique et écologique. III. *Les associations végétales de l'antique forêt de Beine*, par Marcel Bournérias.

2° Maurice Denis-Papin et A. Kaufmann. *Cours de calcul opérationnel* (*Transformation de Laplace*).

3° ARTHUR BRUNEL. *Traité pratique de Chimie végétale à l'usage des laboratoires et de l'agronomie métropolitaine et coloniale*, Tome II.

4° RENÉ TATON. *La Préhistoire de l'Analyse géométrique*.

5° LUIZ DE MENEZES CORRÊA ACCIAIUOLI. *Hidrologia portuguesa*, 1943-1946.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la possibilité d'ordonner le continu.* Note de M. **L.-E.-J. Brouwer**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une communication antérieure [1] j'ai mis en lumière que l'ordre naturel du continu intuitionniste n'est pas quasi complet, c'est-à-dire ne comporte pas une relation d'ordre pour chaque paire de nombres réels différents. La question se pose de savoir s'il y a moyen d'ordonner quasi complètement le continu intuitionniste d'une autre manière, en conservant, bien entendu, l'égalité comme condition d'égalité de rang. La réponse est négative, comme l'établit le raisonnement suivant :

Supposons pour le continu intuitionniste l'existence de quelque ordre quasi complet π. *Dans ce qui suit les signes* $<$ *et* $>$ *se rapporteront à l'ordre* π. Soient p_1 et u_1 deux nombres réels dont la *distance naturelle* (c'est-à-dire la valeur absolue de leur différence arithmétique) a surpasse 2^{-n} pour un certain nombre naturel n. Soit $p_1 < u_1$ et soit w_1 le nombre réel qui est la *moyenne naturelle* de p_1 et de u_1. Nous aurons alors ou bien $w_1 < p_1 < u_1$ ou bien $p_1 < u_1 < w_1$ ou bien $p_1 < w_1 < u_1$. Dans le premier cas nous mettrons $p_2 = w_1$ et $u_2 = u_1$, dans le second et dans le troisième cas $p_2 = p_1$ et $u_2 = w_1$. Ainsi dans tous les cas la distance naturelle de p_2 à u_2 sera de $2^{-1}a$, tandis que $p_2 < u_2$. De même, pour un nombre naturel quelconque ρ, soient p_ρ et u_ρ deux nombres réels à distance naturelle $2^{-\rho+1}a$ et tels que $p_\rho < u_\rho$. Alors, Soit w_ρ la moyenne naturelle de p_ρ et de u_ρ. Nous mettrons $p_{\rho+1} = w_\rho$ et $u_{\rho+1} = u_\rho$, si $w_\rho < p_\rho < u_\rho$, et $p_{\rho+1} = p_\rho$ et $u_{\rho+1} = w_\rho$, si $p_\rho < u_\rho < w_\rho$ ou $p_\rho < w_\rho < u_\rho$. Ainsi dans tous les cas la distance naturelle de $p_{\rho+1}$ à $u_{\rho+1}$ sera de $2^{-\rho}a$, tandis que $p_{\rho+1} < u_{\rho+1}$. Ce procédé nous fournit une suite fondamentale de paires de nombres réels (p_ν, u_ν) où pour chaque ν nous avons $p_\nu < u_\nu$, tandis que la distance naturelle de p_ν à u_ν est de $2^{-\nu+1}a$ et que chaque *intervalle naturel* $(p_{\nu+1}, u_{\nu+1})$ est contenu dans l'intervalle naturel (p_ν, u_ν). Par conséquent la suite converge vers un seul nombre réel q.

Soit α une assertion mathématique *non éprouvable*. Considérons une suite infinie (h_1, k_1), (h_2, k_2), ... de paires de nombres réels, avançant selon les instructions suivantes :

Tant que, pendant la création successive des (h_n, k_n), ni l'absurdité, ni la non-contradiction de α n'auront été établies, h_n sera choisi égal à p_n et k_n égal

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 263.

à u_n. Mais, dès que la vérité de α se sera révélée entre le choix d'un certain (h_{r-1}, k_{r-1}) et celui de (h_r, k_r), chaque $h_\nu\,(\nu \geqq r)$ sera choisi égal à p_r et chaque $k_\nu\,(\nu \geqq r)$ égal à u_r. Et dès que l'absurdité de α aura été découverte entre le choix d'un certain (h_{s-1}, k_{s-1}) et celui de (h_s, k_s), chaque $h_\nu\,(\nu \geqq s)$ sera choisi égal à u_s et chaque $k_\nu\,(\nu \geqq s)$ égal à p_s. En tout cas la suite infinie (h_1, k_1), (h_2, k_2), ... convergera vers une paire de nombres réels (h, k).

Supposons un moment h et k égaux. Alors les relations $h < k$ et $h > k$ seraient toutes les deux impossibles. Donc l'égalité de (h, k) à quelque (p_r, u_r) et l'égalité de (h, k) à quelque (u_s, p_s) seraient toutes les deux impossibles et l'assertion α serait en même temps absurde et non contradictoire. Par conséquent notre supposition a été réfutée, nous avons établi que h et k sont différents et l'ordre quasi complet π devra comporter une relation d'ordre pour la paire (h, k).

Or, cette relation d'ordre sera

ou bien $h < k$, d'où l'impossibilité de $h > k$, entraînant successivement l'impossibilité de l'égalité de (h, k) à quelque (u_s, p_s) et la non-contradiction de α, donc l'éprouvabilité de α,

ou bien $h > k$, d'où l'impossibilité de $h < k$, entraînant successivement l'impossibilité de l'égalité de (h, k) à quelque (p_r, u_r) et l'absurdité de α, donc encore l'éprouvabilité de α.

Nous nous sommes heurté à une contradiction. Cette contradiction établit que, tant qu'il y aura des assertions non éprouvables, le continu intuitionniste n'admettra pas d'ordre quasi complet.

Pour l'ordre quasi complet du continu réduit, c'est-à-dire de l'espèce des nombres réels prédéterminés, il existe une impossibilité analogue, logiquement conditionnelle, mais pratiquement absolue, seulement plus longue à formuler que dans le cas du continu intuitionniste.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équivalence des classes de fonctions indéfiniment dérivables sur un demi-axe.* Note de M. **Shmuel Agmon**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $\{M_n\}$ $(n \geqq 1)$ une suite de nombres positifs. Nous désignons par $C\{M_n\}$ la classe des fonctions $f(x)$ définies et indéfiniment dérivables sur un intervalle I (fini ou infini), telles que, sur tout intervalle ouvert ou semi-fermé I_1 appartenant à I,

$$\overline{\text{borne}}_{x \in I_1} |f^{(n)}(x)| \leqq \lambda^n M_n \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

où λ dépend seulement de f et de I_1. Le problème d'équivalence de deux classes $C\{M_n\}$ et $C\{A_n\}$ consiste à donner des conditions nécessaires et suffisantes pour que $\{M_n\}$ et $\{A_n\}$ définissent la même classe. Plus généralement, on cherche des conditions pour que $C\{M_n\} \subset \{M_n\}$. Une condition

nécessaire pour l'axe entier a été donnée par M. Mandelbrojt [1]. Puis, M. Gorny [2] a démontré que cette condition est aussi suffisante. Pour un intervalle fini, le problème d'équivalence a été résolu par MM. H. Cartan et Mandelbrojt [3]. Nous considérons ici le cas d'un *demi-axe*. Si $\underline{\lim} M_n^{\frac{1}{n}} < \infty$, il résulte de l'inégalité de Gorny [2], pour un demi-axe, que la classe $C\{M_n\}$ est équivalente à $C\{1\}$. Soit alors $\lim M_n^{\frac{1}{n}} = \infty$ et posons $N_n = M_n n^n$. Soit $\{N_n^c\}$ la régularisée convexe de $\{N_n\}$ (par l'intermédiaire du logarithme). Posons $M_n^d = N_n^c/n^n$. En utilisant l'inégalité de Gorny, M. Mandelbrojt a indiqué que la condition suivante est suffisante :

$$(1) \qquad (M_n^d)^{\frac{1}{n}} = O\left(A_n^{\frac{1}{n}}\right) \qquad (n \to \infty).$$

Le but de cette Note est de démontrer que cette condition est aussi nécessaire. Posons

$$\Lambda_n(x) = e^{-x} L_n(x) = e^{-x} \sum_{\nu=0}^{n} (-1)^\nu C_n^\nu \frac{x^\nu}{\nu!},$$

où $L_n(x)$ est le polynome de Laguerre d'ordre n.

En utilisant l'équation différentielle de $\Lambda_n^{(m)}(x)$, on démontre facilement, par induction par rapport à m, les inégalités suivantes [4] :

$$(2) \qquad |\Lambda_n^{(m)}(x)| < (-1)^m \Lambda_n^{(m)}(0) = \frac{(n+1)\dots(n+m)}{m!} \qquad (x > 0).$$

Supposons que (1) ne soit pas une condition nécessaire. On aurait pour deux suites positives $\{M_n\}$ et $\{A_n\}$, pour une suite d'entiers positifs $\{n_k\}$ et une suite de nombres positifs $\{\delta_k\}$ avec $\Sigma \delta_k < \infty$, les relations suivantes :

$$(3) \qquad C\{M_n\} \subset C\{A_n\} \quad \text{et} \quad A_{n_k} \leq \delta_k^{n_k} M_{n_k}^d \qquad (k = 1, 2, \dots).$$

En posant

$$H(u) = \max_{n \geq 1} \frac{u^n}{n^n M_n},$$

on obtient

$$(4) \qquad n^n M_n^d = \max_{u \geq 1} \frac{u^n}{H(u)} \qquad (n \geq n_0).$$

De (4) résulte qu'il existe un $\alpha > 0$ et une suite d'entiers $\{\nu_k\}$ tels que :

$$(5) \qquad \frac{\nu_k^{n_k}}{H(\nu_k)} \geq \alpha^{n_k} M_{n_k}^d n_k^{n_k} \qquad k = 1, 2, \dots.$$

---

[1] *Séries de Fourier et classes quasi analytiques de fonctions* (*Collection Borel*, Paris, 1935, p. 93).

[2] *Acta Mathematica*, 71, 1939.

[3] *Acta Mathematica*, 72, 1940.

[4] Pour $m = 0$ *voir* G. Szegö, *American Math. Soc.*, publications, 22, p. 59.

Posons, pour $x \geqq 0$,

$$f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\delta_k A \nu_k(x)}{H(\nu_k)}.$$

En utilisant (2) et l'inégalité $H(u) \geqq u^n/n^n M_n$, on trouve pour $n = 1, 2, \ldots$:

$$(6) \qquad |f^{(n)}(x)| \leqq |f^{(n)}(0)| = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\delta_k(\nu_k+1)\ldots(\nu_k+n)}{n!\,H(\nu_k)} = \sum_{\nu_k<n} + \sum_{\nu_k \geq n}$$
$$\leqq c_1 4^n + \frac{n^n}{n!} M_n \sum_{\nu_k \geq n} \delta_k \frac{(\nu_k+1)\ldots(\nu_k+n)}{\nu_k^n}$$
$$< c_1 4^n + (2e)^n M_n \sum_1^{\infty} \delta_k < \beta^n M_n.$$

Ainsi $f(x) \in C\{M_n\}$. Or, $C\{M_n\} \subset C\{A_n\}$, il existe $\gamma > 0$ tel que $|f^{(n)}(0)| \leqq \gamma^n A_n$. En tenant compte de (3), (5) et (6), on a :

$$(\gamma\delta_k)^{n_k} M_{n_k}^d \geqq \gamma^{n_k} A_{n_k} \geqq |f^{(n_k)}(0)| > \delta_k \frac{(\nu_k+1)\ldots(\nu_k+n_k)}{n_k!\,H(\nu_k)} > \frac{\delta_k}{n_k!} \frac{\nu_k^{n_k}}{H(\nu_k)} > \delta_k \alpha^{n_k} M_{n_k}^d.$$

Ceci fournit une contradiction : $0 = \lim \delta_k \geqq \alpha/\gamma$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Opérateurs hermitiens à valeurs propres liées par une formule de récurrence rationnelle.* Note (*) de M. **Robert Zwahlen**, présentée par M. Gaston Julia.

Pour quelques problèmes à valeurs propres de la Physique mathématique, le spectre des valeurs propres forme une suite arithmétique du premier ou du second ordre, ou obéit à une autre loi récursive. On veut résoudre les problèmes de ce groupe en commun.

Soit R l'espace de Hilbert et soient A, B, C, ... des opérateurs linéaires dans R. Nous nous posons le problème de déterminer les *valeurs propres* λ_n d'un *opérateur hermitien* que nous appelons F. Supposons qu'on sache d'avance que pour les λ_n la formule de récurrence

$$(1) \qquad \lambda_{n+2} = \frac{\displaystyle\sum_{i,k=0,0}^{p,q} a_{ik} \lambda_{n+1}^i \lambda_n^k}{\displaystyle\sum_{j,l=0,0}^{r,s} b_{jl} \lambda_{n+1}^j \lambda_n^l}$$

(a_{ik}, b_{jl}, p, q, r, s sont indépendants de l'index n. Les indices supérieurs i, k, j et l signifient des exposants)

soit valable. Si l'on connaît λ_n et λ_{n+1}, on sait calculer λ_{n+2}, λ_{n+3}, ... On peut

(*) Séance du 9 janvier 1950.

démontrer que, sous ces hypothèses, il existe un opérateur S qui transforme une solution caractéristique y_n correspondant à λ_n en une solution caractéristique y_{n+1} correspondant à λ_{n+1}, on a donc $y_{n+1} = Sy_n$.

THÉORÈME 1. — *Les opérateurs* F *et* S *satisfont à l'équation*

$$\text{FS}\,\Sigma b_{jl}\text{F}^j\text{SF}^l = \Sigma a_{ik}\text{SF}^i\text{SF}^k. \tag{2}$$

Inversement on peut prouver le

THÉORÈME 2. — *Étant donné, dans l'espace de Hilbert* R, *l'opérateur hermitien* F *et un opérateur* S *satisfaisant ensemble à l'équation* (2), *si* y_0 *et* Sy_0 *sont des solutions caractéristiques de l'opérateur* F, *alors* S *est un opérateur de récurrence.*

C'est-à-dire que par l'itération de l'opérateur S sur y_0, on obtient toujours des solutions caractéristiques de F ou bien zéro. Les valeurs propres se calculent à l'aide de l'équation (1) et les solutions caractéristiques par $y_{n+1} = Sy_n$.

Notre méthode de résolution pour le problème caractéristique de l'opérateur F *consiste à chercher un opérateur de récurrence* S *qui, avec* F, *satisfait à l'équation* (2). — Si l'on connaît les premières solutions caractéristiques et leurs valeurs propres, les autres s'obtiennent par récurrence. La méthode est utilisable pour la plupart des problèmes classiques de la physique mathématique. L'opérateur S est souvent une transformation intégrale.

On retrouve des formules connues pour les problèmes de Laguerre, d'Hermite et de Legendre. La méthode a été développée à partir d'une idée de Dirac, qui déterminait de cette façon les solutions caractéristiques dans le cas de l'oscillateur à un degré de liberté dans la mécanique quantique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les surfaces de Riemann à arbre topologique régulièrement ramifié.* Note de M. **Léonce Fourès**, présentée par M. Paul Montel.

I. *Arbres topologiques régulièrement ramifiés.* — Soit R, une surface de Riemann de fonction analytique dont les singularités se projettent sur un nombre fini de points du plan de la variable z, reliés par une courbe Γ simple fermée sans point double. Soit T, l'arbre topologique de R. Nous distinguerons dans la constitution de T les éléments suivants :

1° Le schéma qui est l'ensemble des nœuds et des traits de liaison;

2° L'orientation : *a*. la nature (o ou x) de chaque nœud, qui est celle du demi-feuillet correspondant de R;

b. La nature de chaque trait de liaison qui est celle du chemin correspondant sur R, joignant deux demi-feuillets de natures différentes (c'est aussi bien la nature de l'arc de Γ traversé par ce chemin).

Nous dirons que T est régulièrement ramifié s'il satisfait à la condition 2° ci-après :

1° Nœuds équivalents : $P \sim Q$ si les figures constituées par l'arbre T et le nœud P d'une part, l'arbre T et le nœud Q d'autre part, sont identiques.

2° T est régulièrement ramifié s'il existe un certain ensemble fini de nœuds, K, tel que tout nœud de T soit équivalent à un nœud de K.

Un cycle est un ensemble de nœuds et des traits de liaison qui les joignent tel que la ligne polygonale qu'ils forment sépare le plan en deux régions dont l'une ne contient aucun nœud. Le *centre* d'un cycle correspond à un point de ramification de R dont l'ordre est égal à la moitié du nombre des côtés du cycle (ce nombre est aussi l'ordre du cycle).

Deux cycles sont équivalents si tous leurs nœuds sont deux à deux équivalents et rencontrés dans le même ordre lorsqu'on parcourt les cycles dans le même sens. Les cycles de T se séparent en un nombre fini de classes de cycles équivalents si T est régulièrement ramifié.

II. *Les surfaces de recouvrement.* — Il s'agit ici de surfaces de Riemann abstraites.

1° Domaine régulièrement couvert [1]. Soit f une représentation conforme d'une surface de Riemann $\mathcal{R}$ dans une autre R. Un domaine D de R est régulièrement couvert par $\mathcal{R}$ pour f, si :

a. $f^{-1}(D) \neq \varnothing$;

b. Toute composante connexe de $f^{-1}(D)$ est représentée conformément et biunivoquement sur D par f.

2° Recouvrement abstrait : soit R une surface de Riemann; un recouvrement abstrait $(\mathcal{R}, f)$ de R est l'ensemble d'une surface de Riemann $\mathcal{R}$ et d'une représentation f de $\mathcal{R}$ sur R, telles que tout point de R possède un voisinage régulièrement couvert par $\mathcal{R}$ pour f.

Si $(\mathcal{R}, f)$ est un recouvrement de R, $(\mathcal{R}', \varphi)$ un recouvrement de $\mathcal{R}$, $(\mathcal{R}', f \circ \varphi)$ est un recouvrement de R. En particulier si φ réalise une représentation conforme biunivoque de $\mathcal{R}$ sur $\mathcal{R}'$, les recouvrements $(\mathcal{R}', f \circ \varphi)$ et $(\mathcal{R}, f)$ sont dits conformément équivalents. $(\mathcal{R}, f)$ est simplement connexe si $\mathcal{R}$ l'est; les recouvrements simplement connexes de R sont tous conformément équivalents.

Si l'on impose à f la condition d'être localement la représentation identique, les surfaces $\mathcal{R}$ que l'on obtient sont plus spécialement appelées surfaces de recouvrement relativement non ramifiées. Les surfaces de recouvrement relativement non ramifiées de R sont de type parabolique ou hyperbolique suivant que le genre de R est 1 ou supérieur à 1.

III. *Un problème de type.* — Soit R l'arbre topologique T (*cf.* I). R est simplement connexe, T est régulièrement ramifié, sans cycles d'ordre infini.

A étant un ensemble quelconque de nœuds de T, on peut définir :

---

(1) Pour ces définitions, *cf.* C. CHEVALLEY, *Théorie des Groupes de Lie*, p. 40, où figure la définition des espaces de recouvrement (revêtements) d'un espace topologique.

des nœuds périphériques de A : nœud N $\in$ A reliable à un nœud de T, $\notin$ A, par un seul trait de liaison;

des nœuds extra-périphériques de A : nœud Q de T, et $\notin$ A, reliable à un nœud N $\in$ A par un seul trait de liaison.

Une cellule est un ensemble fini C de nœuds de T ne comprenant pas deux nœuds équivalents, et tel que tout nœud extra-périphérique de C soit équivalent à un nœud de C;

On démontre : 1° que ce dernier nœud est périphérique; d'où l'on déduit une loi d'association entre traits de liaison libres de C : à un trait de liaison de T joignant un nœud périphérique P à un nœud extra-périphérique Q s'associe un trait de liaison joignant le nœud périphérique équivalent Q à un nœud extra-périphérique équivalent P.

2° que C est un ensemble K pour T et que l'on peut constituer un pavage régulier de T où deux cellules contiguës sont liées par traits de liaison associés.

On appellera caractéristique d'un cycle, le nombre ν de nœuds de ce cycle équivalent à l'un d'eux. Ce nombre est indépendant du nœud choisi et il est le même pour deux cycles équivalents.

Si tous les ν sont égaux à 1, la cellule C munie de la correspondance entre côtés libres est l'arbre topologique d'une surface de Riemann algébrique dont la surface de recouvrement ([2]) a précisément T pour arbre topologique.

Si certains ν sont $\neq 1$, pour atteindre le même résultat que dans le cas précédent, on est conduit à former un ensemble H de nœuds, composé de N cellules C, et à établir une correspondance entre traits de liaison libres de H. Cet ensemble peut être construit dans le cas où il existe N et un système de λ_i entiers satisfaisant à

$$\sum_i \lambda_i \frac{N}{\nu_i} = 0 \pmod{N},$$

où chacun des λ_i est premier avec le ν_i correspondant; la somme $\sum_i$ est étendue à toutes les classes de cycles équivalents de caractéristiques $\neq 1$.

On peut alors déterminer le genre de la surface fermée dont H est l'arbre topologique, donc le type de R qui est la surface de recouvrement ([2]) de la précédente.

TOPOLOGIE. — *Quelques résultats relatifs au coloriage des cartes.* Note (*) de M. **Philippe Sentis**, présentée par M. Émile Borel.

L'étude suivante concerne le coloriage des cartes d'un nombre fini de régions qui recouvrent tout le plan.

([2]) Il s'agit de surfaces de recouvrement relativement non ramifiées.

(*) Séance du 16 janvier 1950.

Toute région est intérieure à une courbe fermée de Jordan sans point multiple qui en constitue la frontière. Nous supposerons dans la suite que tout point d'une frontière appartient aux frontières de trois régions au plus et de deux régions au moins. Les points communs à deux régions forment un arc de Jordan sans point multiple qui est dit leur frontière commune et dont les extrémités appelées sommets appartiennent aux frontières de trois régions.

A. Pour qu'une carte à sommets tous triples soit coloriable avec quatre couleurs, il est nécessaire et suffisant qu'on puisse ranger toutes ses frontières dans trois ensembles disjoints : 1, 2, 3, de façon à satisfaire aux conditions suivantes :

I. Pour toute région, on a

$$N_1 + N_2 + 2N_3 = 2p,$$

N_i étant le nombre de frontières i de la région.

II. Pour tout sommet, on a

$$n_1 + 2n_2 + 2n_3 = 4,$$

n_i étant le nombre de frontières i passant par le sommet.

A tout classement convenable correspond un coloriage et un seul, à une permutation près des couleurs, et réciproquement.

Remarquons :

I. Si $N_1 + N_2 + N_3 = 2q$ (la région sera dite paire) N_3 peut être nul.

Si $N_1 + N_2 + N_3 = 2q + 1$ (la région sera dite impaire) N_3 ne sera pas nul.

Il y a un nombre pair de régions impaires.

S'il n'y avait aucune région impaire, la carte serait coloriable avec trois couleurs seulement.

II. On a toujours

$$n_1 + n_2 + n_3 = 3,$$

Donc on a ou bien

$$n_2 = 1, \qquad n_3 = 0,$$

ou bien

$$n_2 = 0, \qquad n_3 = 1.$$

III. On peut supposer les couleurs rangées dans un ordre quelconque : $1, i, -1, -i$, par exemple, ce que nous supposerons désormais.

Une frontière qui sépare deux régions opposées sera classée 2 si les régions aux deux extrémités sont de la même couleur et 3 si les régions sont de couleurs opposées. On affecte un sommet du signe (+) si les couleurs tournent dans le sens trigonométrique et du signe (—) dans le cas contraire. Si une frontière est classée 1 ou 2, les sommets sont de signes contraires. Ils sont de même signe si elle est classée 3.

B. Étant donnée une carte C, j'appelle réseau R de cette carte C, l'ensemble de ses frontières, extrémités non comprises, et de ses sommets; j'appelle sous-réseau P, tout sous-ensemble non vide de R.

On peut tracer au moins un sous-réseau P formé de frontières 3, de leurs sommets et de frontières 1 qui ont un sommet commun avec une frontière 3 tel que :

C satisfait à I, P satisfait à II.

La construction d'un tel sous-réseau se fait en transformant les régions impaires en régions paires.

Première étape. — Si deux régions impaires sont contiguës, on classe dans l'ensemble 3 la frontière commune. Il reste un nombre pair de régions impaires non contiguës.

Deuxième étape. — On joint les capitales des régions impaires par des chemins qui évitent les sommets du réseau; toute frontière traversée par un nombre impair de chemins est classée dans l'ensemble 3, sauf si elle y était déjà.

Troisième étape. — On retire de l'ensemble 3 les sous-ensembles de 3 frontières ayant un sommet commun si l'on en a obtenu ainsi. Si l'on a deux frontières 3 ayant un sommet commun, on les retire de l'ensemble 3 et l'on y classe la troisième frontière passant par le sommet commun. Si l'on retrouve un des cas précédents, on recommence. On doit s'arrêter à un certain moment car le nombre des frontières 3 diminue à chaque opération.

C. Pour que cinq couleurs soient nécessaires au coloriage d'une carte, il faut et il suffit qu'aucun de ses réseaux $P' = R - P$ ne possède la propriété II.

Si l'on savait démontrer que l'on peut toujours trouver un tel réseau P' on aurait démontré le théorème des quatre couleurs.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE. — *Exposé d'un type de raisonnement en mathématique intuitioniste sans négation et résultats obtenus pour la géométrie projective plane.* Note de Mlle **Nicole Dequoy**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

I. Dans une Note précédente (1) nous avons posé les premiers axiomes pour la Géométrie projective plane dans la théorie de l'intuitionisme sans négation de M. Griss (2). Nous allons montrer qu'il est possible à l'aide de raisonnements compatibles avec les exigences de cette théorie de développer la Géométrie projective et donner des résultats concernant la collinéation et les projectivités.

II. Tout théorème géométrique implique, tacitement, que la démonstration en est faite pour tous les cas de figures. Les éléments essentiels des démonstrations seront donc les suivants :

1. *Utilisation de l'axiome* $A \omega B \rightarrow C \omega A \vee C \omega B$ signifiant A et B étant deux points écartés, la totalité des cas de figures planes constituées par A et B et un

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1098.

(2) *Proc. Neder. Akad. v. Wetensch.* 53, 1944, p. 261 et 49, 1946, p. 1127.

point C est obtenue par la réunion des cas pour lesquels C est écarté de A et des cas pour lesquels C est écarté de B (aucune relation d'exclusion n'intervenant, des cas $C\omega A$ pouvant être également des cas $C\omega B$). On peut également interpréter par les espèces $A\omega B \rightarrow$ le plan est la réunion des espèces E_1 de points C satisfaisant à $C\omega A$ et E_2 de points C satisfaisant à $C\omega B$.

2. *Utilisation de* $(\forall X)$, $B\omega X \rightarrow A\omega X : \rightarrow : A = B$, relation qui lie l'écart et la coïncidence et qui sera toujours utilisée pour démontrer la coïncidence de deux points.

3. *a, b, c, étant des espèces, utilisation de* $(a \cup b) \cap (a \cup c) \rightarrow a \cup (b \cap c)$ ($\cup$ réunion, $\cap$ intersection).

L'intuitionisme de M. Brouwer reconnaît la négation et le principe de non-contracdiction. Pour établir une propriété p, le mode suivant de raisonnement est souvent utilisé : on démontre d'abord la propriété p dans un cas particulier exigeant un nombre fini de conditions $a, b, \ldots, k$; puis considérant les cas où l'on ignore si a est remplie, on suppose vraie une propriété p' prise telle que *non* $p' \rightarrow p$ (*non* p' ayant la signification $p' \rightarrow$ contradiction). On démontre que la supposition p' vraie entraîne la réalisation de la condition a. Donc p' entraîne une contradiction relativement à a et par suite *non* $p' \rightarrow p$. On recommence avec $b, \ldots, k$ afin de démontrer dans tous les cas. Un tel mode de raisonnement montre que *la contradiction provient d'une supposition non réalisée. Or l'intuitionisme sans négation n'admet que des suppositions réalisables.* Le raisonnement pourra être conduit de la manière suivante : soit à démontrer une propriété p qui souvent pourra être ramenée à la coïncidence de deux points A et B. On fera une supposition réalisable en prenant un point X écarté de B. L'axiome mentionné en II, 1 permettra de ramener l'étude des cas possibles à celle de deux espèces α et β d'une part, α' et β' d'autre part (suivant les points considérés) et peut-être plus (l'étude de chacune des espèces α, β pouvant d'ailleurs elle-même être ramenée à l'étude de deux autres espèces, etc.). La réunion (α, β) conduira à la réunion d'une espèce E_c pour laquelle la propriété C ($A\omega X$ dans le cas particulier étudié) sera valable et d'une autre espèce E_1; la réunion (α', β') conduira de même à E_c et E_2. Sous la réserve que les propriétés définissant les espèces E_1 et E_2 soient composables, l'application de II, 3 conduira à la réunion des espèces E_c et $(E_1 \cap E_2)$. En général pour cette dernière espèce il sera possible de démontrer directement la propriété C et par conséquent on sera dans le cas d'application de II, 2 et l'on aura démontré, dans tous les cas, la propriété p.

III. A l'aide de cette méthode de raisonnement on établit les propriétés que M. Heyting [3] avait démontrées de manière intuitioniste avec négation.

a. Les propriétés de la collinéation centrale. — Les images d'un point P situé en dehors de OA et OB sont identiques par les deux collinéations $(AA'O^2l^2)$

[3] *Math. Annalen*, 98, 1928, p. 514-51.

et $(BB'O^2l^2)$ où B' est l'image par la collinéation $(AA'O^2l^2)$ d'un point B situé en dehors de OA et l.

Les images, en tant qu'elles sont définies, des points d'une droite p, par la collinéation $(AA'O^2l^2)$ sont situées sur une droite p'.

La collinéation $(AA'O^2l^2)$ est déterminée pour tout point P et par suite l'image d'une droite p est une droite p'.

b. Le théorème sur les quadrilatères. — Si deux quadrilatères sont tels que tous leurs sommets sont situés en dehors d'une droite l qui coupe cinq paires de côtés correspondants aux mêmes points, la sixième paire se coupe également sur l.

c. Les propriétés des projectivités. — Propriétés classiques pour les projectivités écartées de l'identité, c'est-à-dire telles qu'un point soit écarté de sa projection dite image, et en particulier unicité de la projectivité déterminée par les points doubles O et U et un point A et son image A', à condition que A et A' soient écartés de O et U.

Unicité également pour les *projectivités normales* (c'est-à-dire projectivités de points doubles donnés quelconques O et U, telles que l' passe par O, que S et S' soient situés sur une droite passant par U et en dehors de l et l') déterminées comme précédemment.

L'introduction des opérations ne présente pas de difficulté. L'élément nul de la multiplication oblige à considérer des projectivités *peut-être dégénérées*, c'est-à-dire pour lesquelles il est possible que S' appartienne à l'. On en établit l'unicité, sous certaines conditions.

Ces opérations permettent de montrer que l'on établit ainsi un corps non commutatif sur la droite.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Relation entre les ensembles renouvelés et les probabilités en chaîne.* Note (*) de M. **Édouard Franckx**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit un ensemble renouvelé de nombres u_n, définis par la loi de renouvellement

$$u_n = q^1 u_{n-1} + q^2 u_{n-2} + \ldots + q^r u_{n-r}. \tag{1}$$

A cette loi on peut adjoindre une suite infinie de vecteurs de l'espace R^r

$$\vec{V}_1,\ \vec{V}_2,\ \ldots,\ \vec{V}_r,\ \ldots,\ \vec{V}_n\ \ldots, \tag{2}$$

la $i^{\text{ième}}$ coordonnée étant la solution particulière $\{u^i\}$ de la loi (1), définie par la suite initiale : $u_i^i = 1$, $u_j^i = 0$ pour $i \neq j$ (i et $j \leq r$).

(*) Séance du 16 janvier 1950.

2. A toute solution particulière de (1), on peut adjoindre un vecteur initial $\vec{I}$ de coordonnées : $u_1, u_2, \ldots, u_r$.

Dans ces conditions on a

(3) $$u_n = \vec{I}.\vec{V}_n$$

et le comportement asymptotique de toute solution particulière de (1) est déterminé par celui de la suite des vecteurs adjoints (2).

3. Les r vecteurs $\vec{V}_2, \vec{V}_3, \ldots, \vec{V}_r, \vec{V}_{r+1}$ définissent une chaîne de Markoff par

(4) $$M^1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & q^r \\ 1 & 0 & 0 & \ldots \\ 0 & 1 & 0 & \ldots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 1 & q^1 \end{bmatrix}.$$

Posons $M^1 = [\vec{V}_2, \ldots, \vec{V}_{r+1}]$ et en général $M^{n-1} = [\vec{V}_n, \ldots, \vec{V}_{n+r-1}]$. On a la relation matricielle commutative :

(5) $$M^n = M^1 M^{n-1}.$$

La suite des vecteurs adjoints peut être engendrée par la chaîne de Markoff M^1.

4. Dans le cas $\sum_1^r q^i = 1$, la méthode directe de M. Hadamard donne :

a. Si les exposants i des termes $q^i \neq 0$ sont premiers entre eux dans leur ensemble, la chaîne est régulière :

$$\lim_{n \to \infty} \vec{V}_n = \vec{W} \quad \text{et} \quad \lim_{n \to \infty} u_n = \vec{I}.\vec{W};$$

b. Si les exposants i des termes $q^i \neq 0$ admettent $d \neq 1$ comme plus grand commun diviseur, il existe d vecteurs d'accumulation $\vec{W}_\rho$,

$$\lim_{n \to \infty} \vec{V}_{nd+\rho} = \vec{W}_\rho \quad \text{et} \quad \lim_{n \to \infty} u_{nd+\rho} = \vec{I}.\vec{W}_\rho,$$

résultats conformes au principe pseudo-ergodique de Dœblin.

5. Plus généralement, soit la famille F des fonctions également convergentes représentées sur un ensemble E par :

$$f(M) = \sum_0^\infty a_n \varphi_n(M).$$

On y définit un ensemble renouvelé de fonctions par

(6) $$f_n(M) = q^1 f_{n-1}(M) + \ldots + q^r f_{n-r}(M).$$

Les r fonctions initiales $f_1(M), \ldots, f_r(M)$ sont complètement déterminées par la suite infinie des vecteurs initiaux $\{\vec{I}_n\}$ avec $\vec{I}_n = (a_n^1\, a_n^2, \ldots, a_n^r)$.

Dans ces conditions l'ensemble renouvelé de fonctions admet comme ensemble d'accumulation d fonctions et

$$\lim_{\to\infty} f_{nd+\rho}(M) = \sum \left(\vec{I}_n . \vec{W}_\rho\right) \varphi_n(M) \qquad (\rho = 1, 2, \ldots, d).$$

ÉLASTICITÉ. — *Petits mouvements vibratoires d'un corps élastique avec propagation de discontinuités du premier ordre.* Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans une Note récente (¹) M. Pailloux a étudié les *petits* mouvements vibratoires d'une barre élastique, pesante, d'abord placée verticalement sur un appui horizontal, que l'on enlève brusquement à l'instant initial. M. Pailloux, dont nous conserverons les notations, part de l'équation approchée des vibrations longitudinales d'une barre avec $a^2 = (E/P)$. Il traite le problème en utilisant une fonction U telle que $(\partial U/\partial t) = u$ et en faisant une hypothèse sur U. On peut le résoudre aussi, sans l'emploi de U, en se servant de l'intégrale générale de l'équation du mouvement sous la forme $F(x+at) + F_1(x-at)$.

Il est intéressant de voir comment ce problème particulier se rattache à la théorie générale des *petits* mouvements vibratoires d'un corps élastique avec *propagation de discontinuités du premier ordre*.

A l'instant initial, il se produit, à l'extrémité inférieure de la barre, deux discontinuités *du premier ordre*, l'une relative à la contrainte (²) $N_1 = E(\partial u/\partial x)$, l'autre relative à $\partial u/\partial t$. Ces discontinuités se *propagent* ensemble le long de la barre, avec la vitesse $-a$ dans les intervalles de temps $(0, l/a)$, $(2l/a, 3l/a)$, ... et avec la vitesse a dans les intervalles de temps $(l/a, 2l/a)$, $(3l/a, 4l/a)$, ... Dans le plan des (x, t), le point correspondant au *plan* de discontinuité parcourt des droites *caractéristiques* de l'équation des vibrations.

Quand la vitesse de propagation est égale à $-a$, les variations relatives à N_1 et à $\partial u/\partial t$ sont *constantes* et égales respectivement à $\rho g l$ et à gl/a. Quand la vitesse de propagation est égale à a, les dites variations sont *encore constantes* et égales respectivement à $-\rho g l$ et à gl/a.

Les dérivées secondes $\partial^2 u/\partial x^2$, $\partial^2 u/\partial x\,\partial t$, $\partial^2 u/\partial t^2$ ne présentent pas de discontinuité. Elles restent *constantes* et égales respectivement à $-\rho g/E$, 0 et $-g$.

2. Considérons le cas général des petits mouvements d'un corps élastique, isotrope ou non, avec propagation de discontinuités du premier ordre (³).

(¹) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1118.

(²) Les tensions sont comptées positivement.

(³) *Voir* Love, *A treatise on the mathematical theory of elasticity*, 1re édition, 1892-1893, vol. I, p. 134, ou 4e édition, 1934, volume unique, p. 298; Hadamard, *Leçons sur la propagation des ondes*, 1903, p. 244. Les travaux de Christoffel sont rappelés dans ces Ouvrages.

Soient ρ la masse spécifique, comme précédemment; S la surface de discontinuité à l'instant t; A un point de S; ω la vitesse de propagation de S en A; n la demi-normale de S en A dirigée dans le sens de la propagation; ξ la projection sur n de la vitesse, dans la déformation, de la particule placée en A; n_1 la contrainte normale sur un élément de S renfermant le point A. On démontre que les variations, $\delta\xi$ et δn_1, subies brusquement par ξ et n_1 sont telles que

$$\rho\omega\,\delta\xi = -\,\delta n_1. \tag{1}$$

Dans le cas particulier du paragraphe 1, les variations qui y sont indiquées satisfont bien à (1). On le voit immédiatement quand la vitesse de propagation est égale à a. On le vérifie, quand cette vitesse est égale à $-a$, en remarquant que le sens de la demi-normale n est alors opposé à celui de l'axe des x du paragraphe 1.

3. Revenons au cas général. Considérons la famille des surfaces S et la congruence Φ des *rayons*, c'est-à-dire des droites dont chacune perce les S en des points où leurs plans tangents sont parallèles. Soient (x_0, y_0, z_0) un point de la surface S_0 correspondant à $t=0$; l, m, n les cosinus directeurs de la demi-normale positive à S_0 en (x_0, y_0, z_0). On sait que ω est une fonction de l, m, n, indépendante du temps. Les équations des *rayons* données par Love dans l'édition de 1892-1893 de son Ouvrage doivent être rectifiées ([4]). On a, en réalité,

$$x - x_0 = lt\left[\omega - \left(l\frac{\partial\omega}{\partial l} + m\frac{\partial\omega}{\partial m} + n\frac{\partial\omega}{\partial n}\right)\right] + t\frac{\partial\omega}{\partial l} \tag{2}$$

et deux formules analogues pour $y - y_0$ et $z - z_0$. Dans ces trois formules, les dérivées doivent être calculées comme si l, m, n étaient indépendants. Les *développables* de la congruence Φ découpent un *réseau conjugué* sur chaque surface S. Une surface réglée quelconque appartenant à Φ découpe sur deux surfaces S quelconques deux courbes ayant la *même représentation sphérique* et, par suite, jouissant des propriétés signalées par nous dans un autre travail ([5]). Le rayon issu d'un point de S_0 est normal à S_0 dans le cas notamment où ce point correspond à un *extremum* de ω.

HYDRAULIQUE. — *A propos des souffleries à eau.*

Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

M. Sackmann a signalé ([1]) l'intérêt, pour l'étude des carènes et des corps immergés, d'une soufflerie à eau d'une structure particulière : la veine possède

---

([4]) Ce point n'a pas été traité dans l'édition de 1934 du dit Ouvrage.

([5]) *Bull. Sc. math.*, 2e série, 67, sept-oct. 1943, p. 176.

(*) Séance du 16 janvier 1950.

([1]) *Souffleries à eau. Essais de carènes et Recherches hydrodynamiques*, 73e Congrès

une certaine turbulence qui permet de réduire, dans un rapport voisin de 1 à 10, le nombre de Reynolds pour lequel devient turbulente la couche limite de la carène. Il serait tout à fait souhaitable qu'une telle soufflerie puisse être effectivement mise au point et que la turbulence de la veine se révèle sans inconvénient, par ailleurs. Il nous semble, toutefois, intéressant de signaler certaines possibilités plus restreintes d'ailleurs, offertes, pour une soufflerie à eau, par la veine issue d'une vanne de fond, possibilités dont nous avions envisagé, il y a une dizaine d'années, l'utilisation éventuelle.



Nous venions d'effectuer l'étude systématique de l'écoulement par vannes de fond, sur une série de modèles (²). L'un d'eux était constitué par une vanne plane à mince paroi, s'étendant sur toute la largeur de 4^m du grand canal du Laboratoire de Banlève : la distance verticale A entre le tranchant de l'arête et le fond horizontal du canal était de $0^m,398$, la charge totale amont H_1, au-dessus du fond, atteignait 3^m (*figure*).

Après une contraction rapide, la surface libre de la veine reste pratiquement parallèle au fond, à une distance 0,61 A de celui-ci, sur une certaine distance.

---

des Sociétés Savantes, Strasbourg, 1947 et *Souffleries à eau. Étude théorique et avant-projet* (*Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, n° **232**, Paris, 1949).

(²) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 409 et 649; **206**, 1938, p. 96, 164, 1166, 1447 et 1709; **207**, 1938, p. 667.

Dans cette zone, le mouvement s'effectue en bloc, avec la vitesse :

$$V = \sqrt{2g(H_1 - 0{,}61 . A)}$$

dans toute la portion supérieure et dans la quasi-totalité de la veine liquide, qui pourrait donc être utilisée pour l'étude sur modèles des coques d'hydravions. Nous pourrions d'ailleurs aisément porter à près d'un mètre la levée de la vanne et donc à 0,60 m l'épaisseur de la veine, avec une vitesse atteignant 7,80 m/sec, en prélevant sur la Garonne un débit de 18 m³/sec, par une utilisation plus complète des possibilités du canal d'expérience.

En fait, nous nous sommes heurté à certaines difficultés, provenant, en particulier, de la formation de stries mobiles et instables, parties de l'arête de la vanne et parallèles à la direction générale de l'écoulement.

Ce fait, joint à la longueur limitée de la zone utilisable de la veine, nous a fait abandonner, à l'époque, la recherche d'une solution qui nous avait tenté principalement dans la mesure où elle semblait, *a priori*, être à la fois très simple et parfaitement adaptée aux ressources particulières du canal de Banlève.

Toutefois, en raison du coût particulièrement élevé et des inconvénients des grands bassins d'essais de coques d'hydravions, il y aurait intérêt à reprendre ces recherches : installé sur une retenue d'usine hydraulique, dans des conditions relativement peu onéreuses, un dispositif basé sur le type de celui que nous avions étudié à Banlève et convenablement amélioré, permettrait la réalisation d'une veine de dimensions notables et de vitesse élevée, particulièrement commode pour l'étude des coques d'hydravions sur modèles réduits.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Méthodes d'intégration communes à la mécanique classique et à la mécanique ondulatoire.* Note (*) de M. **Robert Faure**, présentée par M. Louis de Broglie.

Soit une fonction $\Psi(q_1, q_2, \ldots q_n; \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k)$, définie à un facteur près, de n variables et dépendant de k constantes réelles $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k (k \leq n)$ Ψ est une solution d'une équation aux dérivées partielles homogènes $E(\lambda)$, Ψ pouvant satisfaire en outre à certaines conditions, E ainsi que les diverses constantes $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k(\lambda)$ dépendant d'un paramètre λ.

Chacune des constantes peut être déterminée en fonction des dérivées partielles $\partial\Psi/\partial q_1$ $\partial\Psi/\partial q_i$ et de la fonction Ψ, on peut donc écrire

$$\alpha_i = f\left(\frac{\partial\Psi}{\partial q_k}, \Psi\right) \qquad (q_1, q_2, \ldots, q_n).$$

La constante α_i n'étant pas modifiée par le changement de Ψ en $k\Psi$, peut s'exprimer uniquement en fonction des dérivées logarithmiques $(\partial\Psi/\partial q_i)/\Psi$,

(*) Séance du 9 janvier 1950.

par suite si l'on pose $\Psi = a\, e^{i(\varphi/\lambda)}$ a et φ étant réelles on a

$$\alpha_i(\lambda) = f\left(\frac{\frac{\partial a}{\partial q_i}}{a} + \frac{i}{\lambda}\frac{\partial \varphi}{\partial q_i}\right) \qquad (q_1, q_2, \ldots, q_n),$$

soit encore

$$\alpha_i(\lambda) = \mathrm{F}\left(\frac{\lambda\frac{\partial a}{\partial q_i}}{a} + i\frac{\partial \varphi}{\partial q_i}\right) \qquad (q_1, q_2, \ldots, q_n).$$

Si cette égalité ou une équivalente peut être maintenue lorsque λ tend vers zéro, la fonction φ tendant vers une fonction limite φ_l, les dérivées logarithmiques $(\partial a\, \partial q_i)/a$ demeurant bornées on obtiendra à la limite

$$\mathrm{F}(\partial f_e/\partial q_i, q_1, q_2, \ldots, q_n) = \alpha_i(0),$$

égalité portant uniquement sur les dérivées de la fonction limite et les coordonnées, l'indice i pouvant prendre toute une partie des valeurs de 1 à n. On a une intégrale première pour la fonction φ_l. Ceci correspond à l'approximation de l'optique géométrique. Lorsque *a priori* on est sûr de l'existence de F, on peut conclure :

THÉORÈME. — *Pour les systèmes à liaisons et à potentiel indépendants du temps, tout procédé d'intégration de la Mécanique classique conduisant à l'intervention de constantes ne peut être étendu à la Mécanique ondulatoire pour la détermination des fonctions propres que s'il fournit une intégrale première en Mécanique classique. Cette condition n'est pas suffisante.*

Ce résultat concorde avec celui que nous avions obtenu en étudiant la méthode de séparation des variables de Liouville (¹) ainsi qu'avec les méthodes d'intégration de problème simple de Mécanique ondulatoire où interviennent des opérateurs intégrales premières incomplets qui donnent lieu à la séparation des variables dans l'équation d'onde. On constate également que le nombre de constantes d'intégration indépendantes qui figurent dans la fonction d'onde (fonction propre normée) est au plus égale au nombre des intégrales premières du Problème de Mécanique Classique.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la diffusion des mésons π par les nucléons*. Note de MM. **MAURICE JEAN** et **JACQUES PRENTKI**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans un précédent travail (¹) nous avons étudié l'application de la théorie

(¹) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1032-1033; 226, 1948, p. 1506-1508.

(¹) M. JEAN et J. PRENTKI, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 171; *Jour. Phys.* (sous presse).

de Tomonaga (²), Schwinger (³), Dyson (⁴), au cas de l'interaction entre le champ mésique pseudoscalaire et le champ de nucléons. Par la transformation de Schwinger (³) nous avons déduit l'hamiltonien du second ordre dans la représentation d'interaction, où le couplage direct ne figure plus et dans lequel on peut discerner différents termes. L'étude de celui qui est responsable des forces nucléaires montre l'équivalence des couplages pseudoscalaire et pseudovectoriel pour les collisions nucléon-nucléon [transformation de Dyson (⁵)].

L'autre effet observable du deuxième ordre est l'effet Compton mésique auquel nous nous intéresserons maintenant en utilisant la théorie symétrique de Kemmer. On calcule l'élément de la matrice S pour le phénomène considéré, soit à partir de l'hamiltonien du second ordre suivant Schwinger, soit directement suivant Dyson. On en déduit la section efficace différentielle dans un système de référence quelconque

$$(1)\qquad dQ = \frac{1}{(4\pi)^2} \frac{\left|\vec{q}'\right|^2 \{2(Mp + L\varkappa_N)(Mp' + L\varkappa_N) - (pp' + \varkappa_N^2)(M^2 + L^2)\}}{\sqrt{(\vec{p}q_0 - \vec{q}p_0)^2 - (\vec{p}q_0 \wedge \vec{q}p_0)^2}\left|(\vec{q}'p'_0 - \vec{p}'q'_0)\vec{c}'\right|} d\Omega,$$

où $q = (\vec{q}, iq_0)$, p, q', p' sont les quadrivecteurs énergie impulsion des mésons et nucléons incidents et diffusés, $\vec{e}'$ est le vecteur unité dans la direction $\vec{q}'$,

$$L = A\frac{\xi + \eta}{2}, \qquad M = B\{\xi q Q - \eta q' Q'\} + C\frac{\xi - \eta}{2}(q + q');$$

$$Q = \frac{1}{(p + q)^2 + \varkappa_N^2}, \qquad Q' = \frac{1}{(p - q')^2 + \varkappa_N^2};$$

$$A = \frac{2(2 + g)f_1 f_2}{\hbar c \varkappa}, \qquad B = -\frac{(1 + g)^2 f_1^2}{\hbar c}, \qquad C = \frac{f_2^2}{\hbar c \varkappa^2}, \qquad g = \frac{2\varkappa_N}{\varkappa}\frac{f_2}{f_1};$$

où $\varkappa$ et $\varkappa_N$ sont les masses réduites du méson et du nucléon, f_1 et f_2 les constantes des couplages pseudoscalaire et pseudovectoriel. Les ξ et η sont donnés par le tableau suivant :

Transition.	ξ.	η.
$Y^0 + N(P) \to Y^0 + N(P)$	1	1
$Y^0 + N(P) \rightleftharpoons Y^{-(+)} + P(N)$	$+(-)\sqrt{2}$	$-(+)\sqrt{2}$
$Y^{+(-)} + P(N) \to Y^{+(-)} + P(N)$	0	2
$Y^{+(-)} + N(P) \to Y^{+(-)} + N(P)$	2	0

A partir de (1), en se plaçant dans le système du centre de gravité, on

(²) SIN-ITIRO TOMONAGA et coll., *Prog. Theor. Phys.*, 1946-1948 (*passim*).

(³) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1439 et 75, 1949, p. 651.

(⁴) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 486 et 1736.

(⁵) E. C. NELSON, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 830; F. J. DYSON, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 929; L. VAN HOVE, *Phys. Rev.*, 75, 1949, 1519.

obtient la section efficace totale

$$Q = \frac{1}{32\pi(p_0+q_0)^2}\Bigg\{B^2\left[\frac{4\beta}{\alpha^2}\xi^2 + \left(4 + \frac{\varkappa^4}{\alpha\vec{q}^2}\operatorname{Log}\frac{\delta+2\vec{q}^2}{\delta-2\vec{q}^2}\right)\xi\eta + \left(\frac{2\varkappa^4}{\delta^2-4\vec{q}^4} + \frac{\alpha}{2\vec{q}^2}\operatorname{Log}\frac{\delta+2\vec{q}^2}{\delta-2\vec{q}^2}\right)\eta^2\right]$$

$$+ BA(\xi+\eta)\varkappa_N\left[\frac{4\gamma}{\alpha}\xi + \left(2 + \frac{\alpha}{2\vec{q}^2}\operatorname{Log}\frac{\delta+2\vec{q}^2}{\delta-2\vec{q}^2}\right)\eta\right].$$

$$- 2BC(\xi-\eta)\left[\frac{4\beta}{\alpha}\xi + \left(2\alpha + \frac{\varkappa^4}{2\vec{q}^2}\operatorname{Log}\frac{\delta+2\vec{q}^2}{\delta-2\vec{q}^2}\right)\eta\right]$$

$$+ A^2(\xi+\eta)^2\varepsilon + 4C^2(\xi-\eta)^2\beta - 4AC\varkappa_N(\xi^2-\eta^2)\gamma\Bigg\},$$

où

$$\alpha = \gamma + q_0^2,\qquad \beta = \vec{q}^2\delta + 2p_0^2q_0^2,\qquad \gamma = \vec{q}^2 + 2p_0q_0;$$
$$\delta = \gamma - q_0^2,\qquad \varepsilon = \vec{q}^2 + 2\varkappa_N^2.$$

A partir de ces formules on trouve la section efficace dans le cas extrêmement non relativiste $\left[\text{on néglige le recul du nucléon } \left(|\vec{q}| \ll \varkappa_n\right)\right]$ qui dépend uniquement de $[(\xi-\eta)/2]^2$.

Le cas extrêmement relativiste $\left(|\vec{q}| \gg \varkappa_n > \varkappa\right)$ se discute aisément. Dans l'hypothèse $f_2 = 0$, on trouve que la probabilité de diffusion des mésons chargés sans échange de charge est beaucoup plus petite que celle de diffusion en méson neutre quand cette dernière est permise par la conservation de la charge. Les sections efficaces pour les deux types de diffusion dans le cas d'un méson neutre incident sont du même ordre. Au contraire si l'on suppose $f_1 = 0$ la diffusion d'un méson neutre en méson neutre est beaucoup moins probable que sa diffusion en méson chargé. Par contre les probabilités de diffusion d'un méson chargé avec ou sans échange de charge sont du même ordre.

Il faut insister sur le fait que pour la diffusion des mésons pseudoscalaires par des nucléons, les couplages pseudovectoriel et pseudoscalaire ne sont pas équivalents et qu'il n'est donc pas légitime de supprimer le terme en $P_\mu(\partial\psi/\partial x_\mu)$ dans l'hamiltonien du premier ordre en rajustant simplement la constante f_1. La catastrophe ultraviolette subsiste dans ce problème. D'autre part, le calcul des corrections radiatives, qui peuvent dans le cas du méson pseudoscalaire jouer un rôle important, pose alors des difficultés non rencontrées en électrodynamique quantique, le terme $P_\mu(\partial\psi/\partial x_\mu)$ introduisant des divergences qui ne semblent pas être de simples renormalisations de masses et des constantes de couplage.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'assombrissement centre-bord du Soleil entre* 6700 *et* 23000 Å. Note (*) de M. **Roger Peyturaux**, présentée par M. André Danjon.

Les seules mesures que nous possédions à l'heure actuelle sur l'assombrissement centre-bord du Soleil entre 6700 et 23000 Å sont celles d'Abbot (1908) qui vont jusqu'à 20000 Å et celles d'Abbot (1913) qui s'arrêtent à 10000 Å.

De plus, entre 10000 et 20000 Å, cet auteur n'a fait les mesures que pour quatre longueurs d'onde.

De nouvelles mesures s'avéraient indispensables pour connaître l'absorption de la photosphère dans le domaine spectral indiqué.

Nous avons entrepris une nouvelle série de mesures en utilisant les cellules au sulfure de plomb. Ces cellules chimiques fabriquées à l'Observatoire de Paris étaient refroidies dans la neige carbonique.

Le dispositif comprenait un sidérostat suivi d'un miroir concave qui formait une image de 30^{mm} sur la fente d'un monochromateur.

La tension aux bornes de la cellule était amplifiée par un amplificateur sélectif accordé sur 130 p/sec. Un secteur tournant modulait la lumière à cette fréquence.



Fig. 1.

Nous avons réalisé les enregistrements en laissant le Soleil se déplacer naturellement devant la fente. Le monochromateur était incliné pour que la fente soit perpendiculaire au sens du déplacement de l'image.

Nous avons choisi les longueurs d'onde fenêtres sur le fond continu en enregistrant un spectre point par point. Malheureusement notre monochromateur avait une résolution assez médiocre, et nous ne sommes pas certain d'avoir complètement éliminé les raies dangereuses.

Résultats. — La figure 1 montre un enregistrement obtenu pour $\lambda = 6790$ Å.

Les résultats sont représentés sur la figure 2. Chaque courbe donne la variation de I_{bord}/I_{centre} en fonction de λ pour une distance au centre donnée. Nous avons pu mesurer des points jusqu'aux 98/100 du rayon solaire.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

L'erreur probable s'échelonne entre 0,001 et 0,004 quand on passe de la courbe 0,3 à la courbe 0,98.

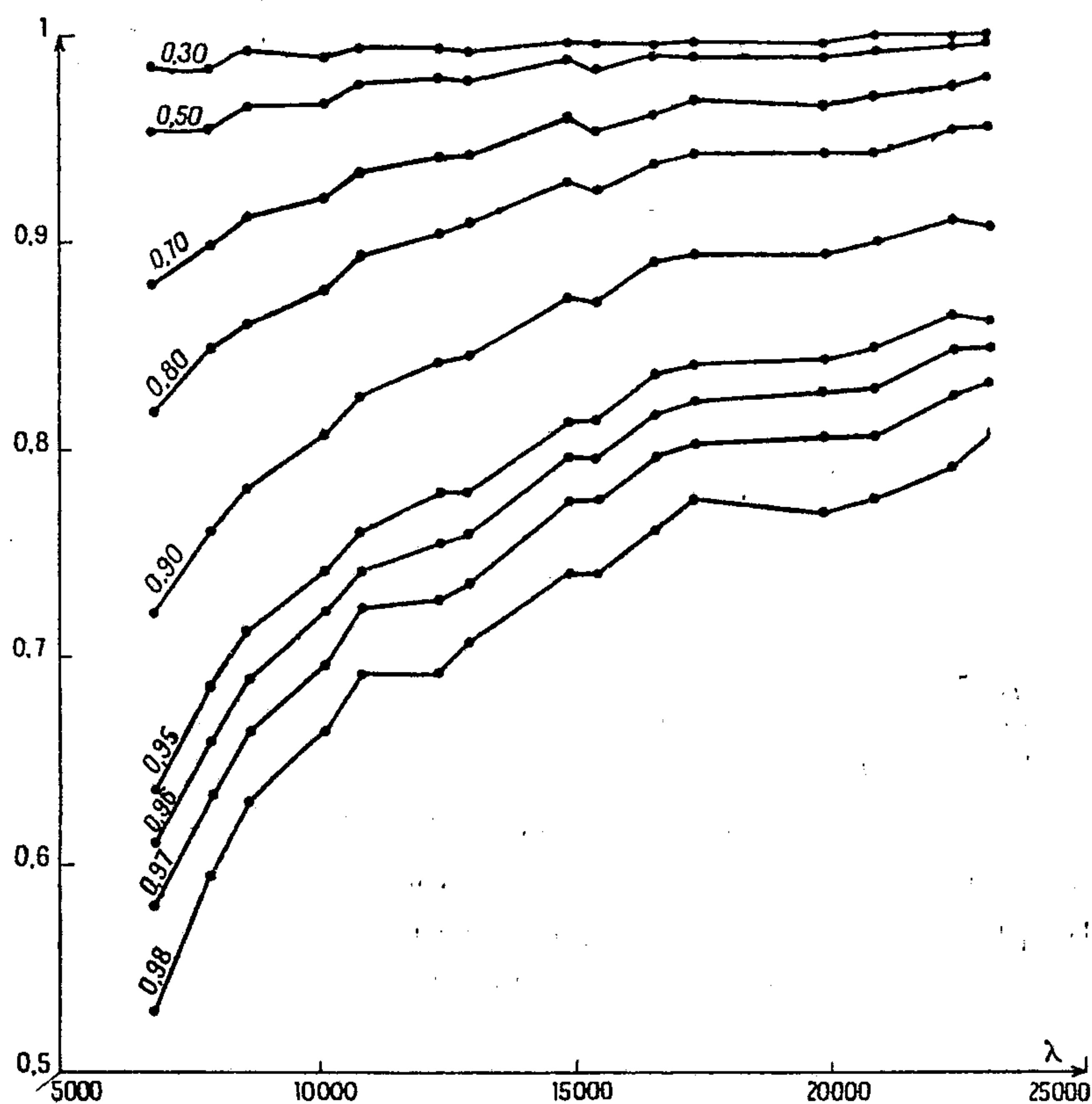


Fig. 2.

On remarque divers accidents qui se reproduisent sur toutes les courbes. Seulement, pour la raison indiquée plus haut, nous ne sommes pas certain qu'ils soient dus uniquement aux propriétés du fond continu.

Une nouvelle série de mesures a été décidée avec un spectrographe à meilleure résolution afin de confirmer ou d'infirmer ces particularités.

THÉORIE DES PROJECTIONS. — *Sur une nouvelle famille de planisphères conformes permettant de représenter la Terre à l'intérieur d'un contour fermé quasi elliptique.* Note (*) de M. **André Gougenheim**, présentée par M. Donatien Cot.

1. Nous réserverons le nom de planisphère aux systèmes représentant d'un seul tenant la surface entière de la sphère terrestre à l'intérieur d'un

(*) Séance du 9 janvier 1950.

contour fermé. En prenant comme point central le point d'intersection de l'équateur et du méridien 0°, en faisant correspondre l'axe des Y à ce dernier et l'axe des X à l'équateur, le contour limite représente le méridien de 180°; c'est une ligne singulière des projections puisqu'à tout point de ce méridien correspondent deux points du plan.

Nous appellerons L et M la latitude et la longitude d'un point de la sphère, $\mathcal{L}$ sa latitude isométrique, X et Y les coordonnées planes de sa projection, et nous poserons

$$\mathfrak{z} = \mathcal{L} + i\mathrm{M} \qquad \mathrm{Z} = \mathrm{Y} + i\mathrm{X} \qquad \overline{\mathrm{Z}} = \mathrm{Y} - i\mathrm{X}.$$

2. Oscar S. Adams a indiqué (¹) les planisphères conformes admettant pour contour une ellipse allongée suivant l'axe des X. Mais, le maniement en est laborieux en raison de la présence de fonctions elliptiques. Or, comme des systèmes conformes limités par des courbes de formes voisines présentent très sensiblement les mêmes propriétés sous réserve qu'ils n'admettent pas de points critiques à l'intérieur du contour, si l'on peut trouver une courbe fermée à peu près elliptique et définie analytiquement par des fonctions plus appropriées, on en déduira des planisphères conformes analogues à ceux d'Adams et d'un emploi plus simple.

3. Dans la projection conforme de Gauss, les parallèles ont pour transformées des courbes fermées admettant deux axes de symétrie et figurant des ellipses presque parfaites tant que leurs axes ne sont pas trop différents. En prenant le pôle comme origine des coordonnées planes, l'équation du parallèle de colatitude λ s'écrit

$$\cos \mathrm{Y} = \cos\lambda \operatorname{ch} \mathrm{X}.$$

Pour trouver le planisphère conforme, tel que nous l'avons défini plus haut, et admettant pour contour cette courbe, dans l'équation de laquelle nous remplaçons la colatitude λ par un simple paramètre α, nous nous appuierons sur le fait qu'un planisphère conforme défini par la relation

$$f(\mathrm{Z}) = \operatorname{th} \frac{\mathfrak{z}}{4}$$

admet pour contour (M = 180°) la courbe

$$f(\mathrm{Z}) f(\overline{\mathrm{Z}}) = 1.$$

L'équation du contour donné s'écrivant

$$\cos\alpha = \frac{\cos \mathrm{Y}}{\cos i\mathrm{X}},$$

on en tire

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{\cos i\mathrm{X} - \cos \mathrm{Y}}{\cos i\mathrm{X} + \cos \mathrm{Y}} = \operatorname{tg} \frac{\mathrm{Z}}{2} \operatorname{tg} \frac{\overline{\mathrm{Z}}}{2},$$

(¹) Oscar S. Adams, *Elliptic functions applied to conformal world maps* (*Publ. spéc.*, n° 112 de l'*U. S. Coast and Geodetic Survey*, Washington, 1925).

et la projection cherchée est définie par la relation

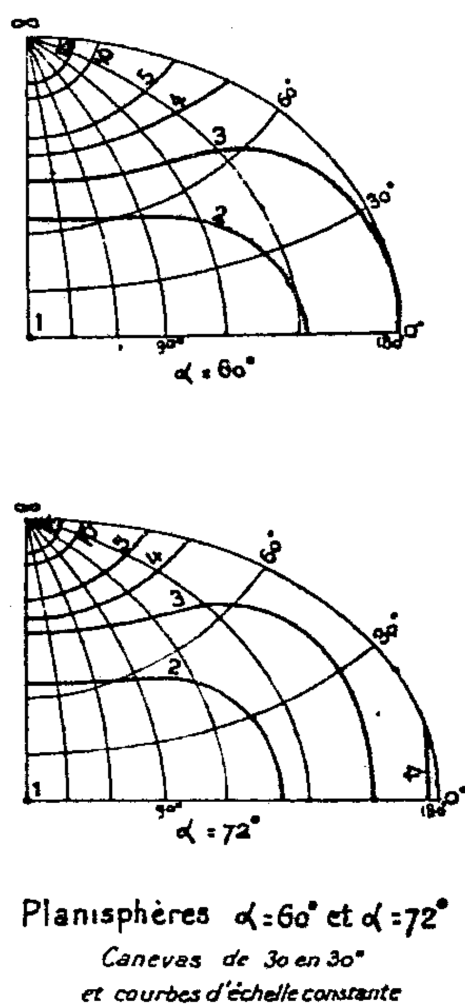
$$\operatorname{tg}\frac{Z}{2} = \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\operatorname{th}\frac{\tilde{\mathfrak{Z}}}{4},$$

Pour avoir l'échelle 1 au point central, nous l'écrirons

$$\operatorname{tg}\left(\frac{Z}{4}\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right) = \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\operatorname{th}\frac{\tilde{\mathfrak{Z}}}{4} \qquad \text{avec} \quad \alpha < 90°.$$

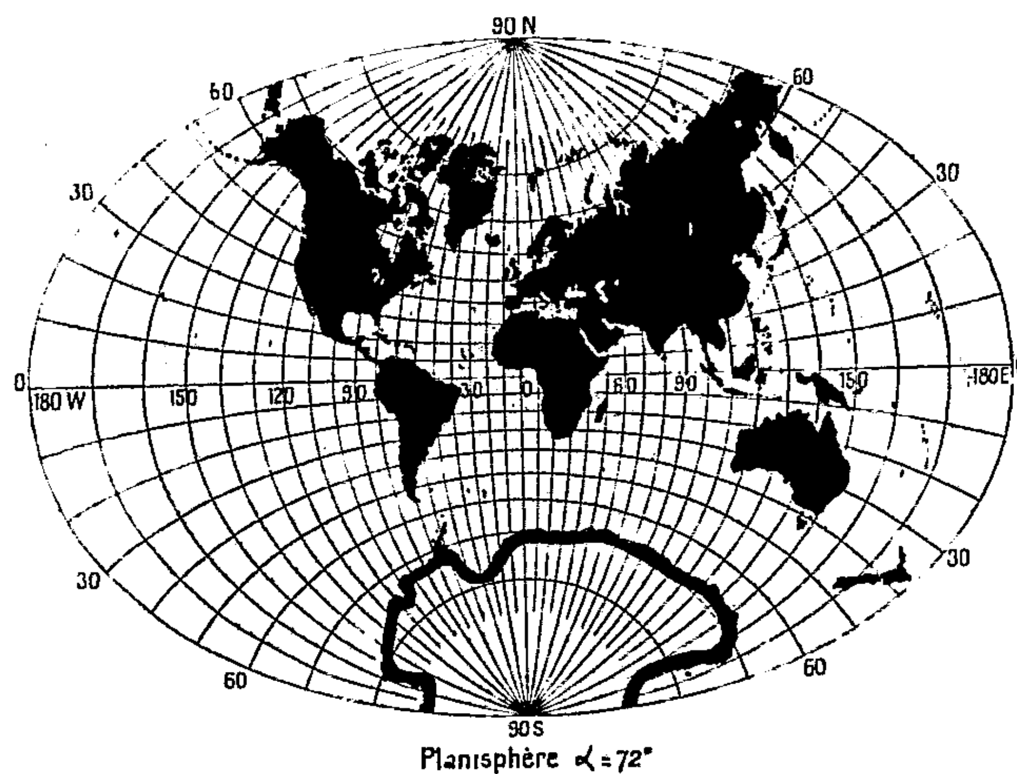
Cette famille de projections a pour limite, lorsque α est nul, la projection sphérique conforme de Lagrange à contour circulaire.

4. Il est facile d'établir pour ces représentations les formules de transformation de coordonnées, ainsi que celles exprimant l'échelle en un point. On peut aussi obtenir simplement les relations permettant de tracer les courbes d'égale altération linéaire (*fig.* 1).



Planisphères α = 60° et α = 72°
Canevas de 30 en 30° et courbes d'échelle constante

Fig. 1.



Planisphère α = 72°

Fig. 2.

L'étude des variations de l'échelle sur le contour permet de se rendre compte de la disposition du réseau de ces courbes et de mettre en évidence deux valeurs particulières de α, l'une, 60°, à partir de laquelle l'échelle sur le contour présente un minimum entre l'équateur et le pôle, l'autre, 72°, pour laquelle ce minimum passe par un maximum (*fig.* 2). Les projections correspondant à ces valeurs singulières sont particulièrement intéressantes pour la pratique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une image classique des effets de matérialisation et dématérialisation.* Note (*) de M. **Félix Joachim Wiśniewski**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans cette Note on donnera une image électromagnétique classique des effets de matérialisation et dématérialisation.

Dans ce but on doit introduire une particule théorique. En 1911, L. Silberstein ([1]) a envisagé la possibilité d'existence d'une particule construite avec deux électrons de signe contraire qui se pénètrent. Il a calculé la masse totale de nature électromagnétique en ne considérant que le champ électrique de chaque particule.

Ici l'on envisage la possibilité d'une pareille particule composée de deux électrons de signe contraire et l'on calcule sa masse totale en tenant compte aussi des champs magnétiques dus aux moments magnétiques des électrons.

On a fait les calculs en supposant que les deux électrons se pénètrent partiellement.

On doit distinguer deux cas :

1° quand les moments magnétiques $\mu_\perp$ des deux particules (électrons) sont perpendiculaires à la direction du mouvement que l'on admet être parallèle à l'axe des centres des deux électrons.

2° quand les moments magnétiques $\mu_\parallel$ sont parallèles à la ligne des centres.

Au premier cas, correspond la masse ([2])

$$m = \frac{e^2}{4c^2\rho^2}\,l + \frac{1}{2}\mu_\perp^2\left(\frac{l}{\rho^4} - \frac{l^3}{16\rho^6}\right)\frac{1}{c^2},$$

qui s'annule si les deux électrons se pénètrent complètement ($l = 0$). Les moments magnétiques sont opposés.

Dans le second cas, on doit distinguer deux possibilités a et b.

La possibilité a est caractérisée par une orientation identique des deux moments magnétiques. Sa masse est donnée par l'expression

$$m = \frac{2\mu_\parallel^2}{5e^2\rho^3} - \frac{e^2}{4c^2\rho^2}\,l - \mu_\parallel^2\left(\frac{3l}{4\rho^4} - \frac{l^3}{16\rho^6}\right)\frac{1}{c^2},$$

elle ne s'annule pas pour $l = 0$.

La possibilité b est caractérisée par une orientation opposée des deux

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) *Elektrycznošč i Magnetyzm.*

([2]) Dans les formules citées, ρ désigne le rayon commun de chaque électron; l, la distance des deux centres ($l < 2\rho$); e, la charge de chaque électron et c, la vitesse de la lumière.

moments magnétiques. La masse correspondante est

$$m = -\frac{b^2}{4c^2\rho^2}l + \mu_{11}^2\left(\frac{3l}{4\rho^4} - \frac{l^3}{16\rho^6}\right)\frac{1}{c^2}.$$

Pour $l = 0$ la masse est nulle.

Il suit de là que seulement la seconde possibilité est stable. Les deux états stables sont caractérisés par la masse totale nulle et les moments magnétiques des deux électrons composants opposés.

Pour $l > 0$ on a une pénétration incomplète. Alors la masse est différente de zéro, le moment magnétique résultant est nul et au point de vue électrique la particule est assimilable à un dipôle.

Comme cette particule n'a ni masse, ni charge, ni moment magnétique elle ne peut être discernée expérimentalement. Elle a une existence théorique comme tant d'autres particules.

On peut l'admettre à condition qu'elle nous permettra d'expliquer des faits expérimentaux.

En effet en l'admettant on peut former une image classique des effets de matérialisation et dématérialisation.

La dématérialisation de deux électrons de signe contraire consistera dans l'apparition de la nouvelle particule à la suite d'une rencontre de deux électrons de signe opposés avec émission de l'énergie.

La matérialisation d'un quantum d'énergie consistera dans la séparation de la nouvelle particule à la suite d'un choc entre le quantum d'énergie et la nouvelle particule en deux électrons de signe contraire. L'énergie nécessaire pour la séparation de la nouvelle particule est fournie par le quantum même.

A cause de ceci le quantum de l'énergie ne peut être plus petit que l'énergie des champs des deux électrons de signe contraire situés à distance infinie l'un de l'autre.

La supposition d'une telle particule s'impose d'elle-même car sans elle il est absolument impossible de rendre compte non seulement des effets de matérialisation et dématérialisation, mais aussi de l'apparition des charges toujours de mêmes grandeurs, et même on ne peut rendre compte de l'apparition des charges en général dans les effets de matérialisation.

De même la valeur constante de l'énergie qui se matérialise n'est pas compréhensible sans la nouvelle particule, car il n'y a aucune contradiction à admettre que chaque quantum d'énergie puisse se matérialiser.

CHALEUR. — *Procédé approché de calcul de la répartition de la température sur les disques et ailettes des turbines à gaz.* Note (*) de M. **David Sochat**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Pour pouvoir calculer les tensions thermiques dans une turbine à gaz, il faut

(*) Séance du 16 janvier 1950.

connaître la répartition de la température sur le disque et les ailettes. Le présent procédé s'applique au cas général d'un disque à profil variable, plein ou alésé, portant des ailettes à section variable, avec ou sans ruban, et permet de tenir compte de la variable du coefficient de convection avec la vitesse et éventuellement de sa variation et de celle de la conduction thermique avec la température et la nature des métaux composant ces pièces.

Dans un Mémoire en cours de publication, M. Thiery aborde le problème sous la forme suivante : écoulement de chaleur unidimensionnel, débit limité de l'air, coefficient de convection constant, continuité du gradient de température à la jonction de deux tranches consécutives. Ceci conduit pour chaque tranche aux équations suivantes, respectivement pour les ailettes et le disque (y étant la température, x le rayon, a, b et m des constantes) :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{m}{x}y \qquad \text{et} \qquad \frac{d^2y}{dx^2} = ax^b y$$

donnant, la première, des fonctions de Bessel et de Hankel d'ordre 0 et 1 et, la seconde, les mêmes fonctions mais d'ordre en général fractionnaire et variable avec les données du problème et d'une tranche à l'autre.

Pour la résolution, dans le cas des ailettes on peut se servir des tables jusqu'à l'argument 10 et, au delà, du développement asymptotique approché. Pour le disque, du fait de l'impossibilité de calculer à l'avance des tables de ces fonctions, on doit se servir des développements asymptotiques.

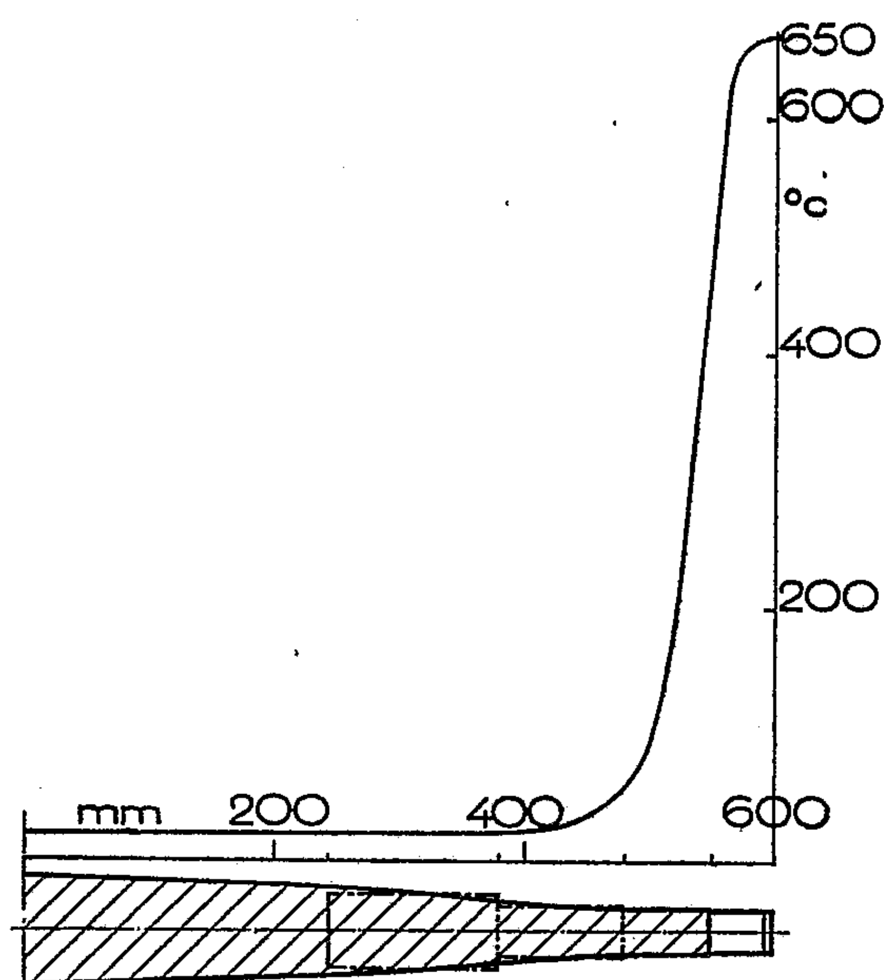
Nous avons été amené, de notre côté, à entreprendre la même étude sous la forme suivante : écoulement de chaleur unidimensionnel, débit illimité de l'air, coefficient de convection variable avec la vitesse des gaz et de l'air entraîné par le mouvement du disque, tranches à section constante. Cette façon de poser le problème nous a conduit aux équations suivantes :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = a^2y \qquad \text{et} \qquad \frac{d^2y}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{dy}{dx} - b^2y = 0$$

donnant, la première, pour les ailettes, des fonctions hyperboliques et, la deuxième, pour le disque, des fonctions de Bessel modifiées de première et deuxième espèce, d'ordre 0 et 1. L'argument ax des fonctions hyperboliques et l'argument bx des fonctions de Bessel ci-dessus sont la racine carrée des nombres de Biot-Nusselt correspondant aux cas en question. Pour la résolution nous utilisons des tables existantes. Connaissant la répartition de la température sur le disque, pour un débit d'air infini, il est facile de calculer l'échauffement de l'air en fonction d'un débit limité donné D. Il s'exprime par $\Delta t = A/D$, où A est un coefficient résultant des données numériques du problème. Ayant calculé cet échauffement, on peut corriger facilement la courbe des températures sur le disque et les ailettes, en changeant son échelle dans le rapport du nouvel excès de la température des gaz sur celle de l'air à l'ancien. La courbe

réelle des températures se trouvera entre ces deux courbes. On aura ainsi immédiatement l'influence du débit D sur les températures du disque et des ailettes.

Des applications numériques effectuées pour des cas concrets permettent de chiffrer l'influence des diverses données physiques et de celles du tracé du disque et des ailettes sur les températures aux divers endroits de ces pièces. On constate une baisse rapide de la température sur les ailettes et une baisse très rapide, suivant une allure genre exponentielle, sur le disque.



A titre d'exemple, la courbe jointe a été calculée pour les conditions principales suivantes : Température des gaz 650°C; température de l'air à débit infini 20°C; vitesse de rotation de la turbine 3 000 t/min; 144 ailettes à section constante avec ruban (l'influence du ruban est d'ailleurs négligeable), refroidissement du disque sur la moitié extérieure environ de son rayon.

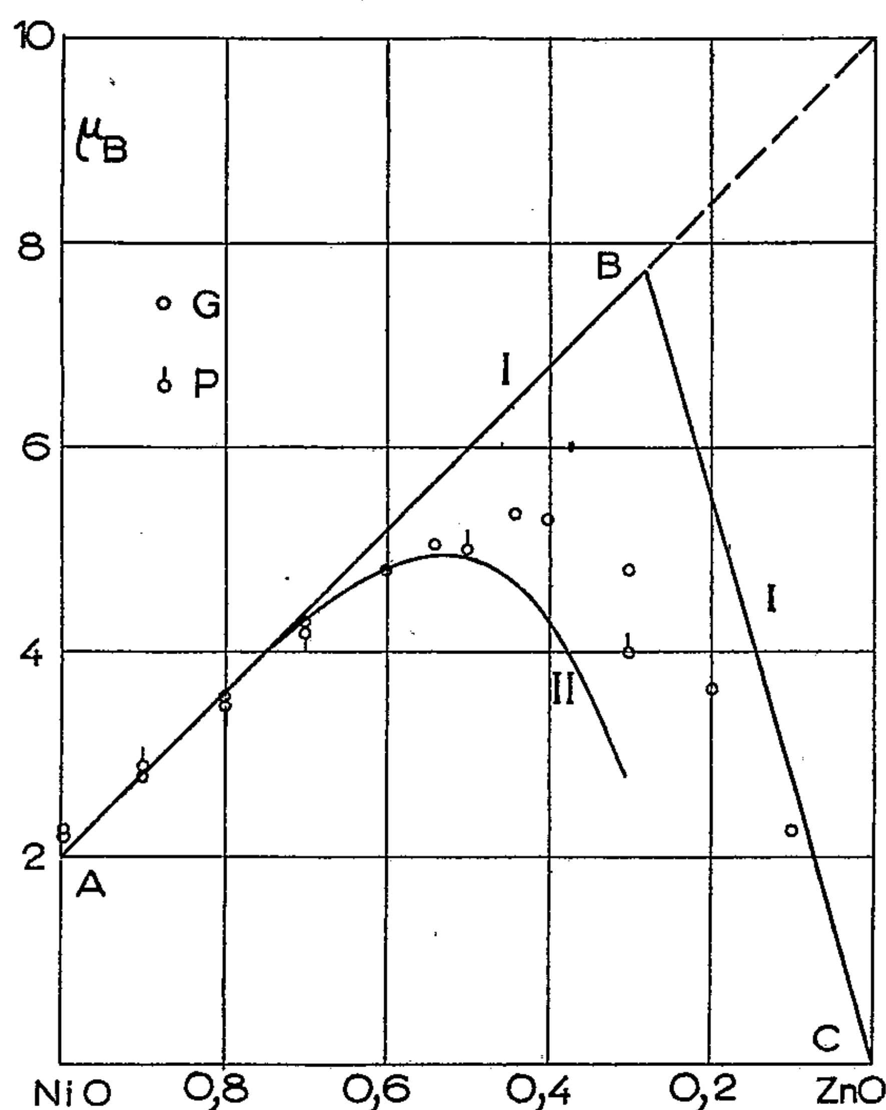
MAGNÉTISME. — *Aimantation à saturation des ferrites mixtes de nickel et de zinc.* Note (*) de M. **Louis Néel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour interpréter le moment moléculaire à saturation M_s des ferrites mixtes de nickel et de zinc Fe_2O_3, xNiO, $(1-x)$ZnO, nous supposons, en accord avec les travaux de Verwey et de ses collaborateurs ([1]), que le nickel est

(*) Séance du 16 janvier 1950.

([1]) E. J. W. Verwey et E. H. Heilmann, *J. Chem. Physics*, 15, 1947, p. 174.

situé sur les sites octaédriques B et le zinc sur les sites tétraédriques A et que les moments magnétiques des ions situés en A sont dirigés en sens inverse des moments des ions situés en B ([2]). Il en résulte que le remplacement d'un ion Ni^{++}, de moment égal à $2\mu_B$ (μ_B = magnéton de Bohr) en négligeant le moment orbital, par un ion Zn^{++} de moment nul est accompagné du déplacement d'un ion Fe^{+++} de A en B, avec retournement de son moment égal à $5\mu_B$: la variation totale de moment est de $(2\times 5) - 2 = 8\mu_B$. La tangente à la courbe $M_s = f(x)$ doit ainsi s'extrapoler vers $10\mu_B$ pour $x = 0$, conformément à l'expérience, comme le montre la figure où sont reportées en G et en P les valeurs expérimentales de C. Guillaud ([3]) et de E. W. Gorter ([4]). Ce dernier a trouvé des vérifications analogues pour plusieurs autres séries de ferrites mixtes.



Du côté riche en zinc, il ne reste bientôt plus assez d'ions Fe^{+++} sur les sites A pour saturer en sens inverse les sous-réseaux A et B, en présence des interactions négatives BB. On passe ainsi du type Q au type R d'aimantation, décrit dans le paragraphe 11 d'une publication antérieure, avec $M_s = -M_a[1+(1/\beta)]$, où M_a est le moment à saturation des ions situés en A, c'est-à-dire ici $5x\mu_B$ et où β est le coefficient réduit de champ moléculaire relatif aux interactions BB.

([2]) L. Néel, *Ann. de Physique*, 3, 1948, p. 137.

([3]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1133.

([4]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 190.

L'étude des propriétés paramagnétiques des mêmes ferrites mixtes nous a déjà donné ([5]) $\beta = -0,15$. On obtient ainsi la droite théorique BC. L'allure de la ligne brisée ABC donne bien l'allure de la variation expérimentale de M_s.

Aux concentrations moyennes, les écarts proviennent de l'insuffisance de l'approximation du champ moléculaire. Les moments des ions situés en B sont en effet dirigés dans le sens de M_s par les six ions A voisins. Si le hasard fait que ces six ions soient tous des ions Zn, non magnétiques, l'ion B n'est plus soumis qu'aux actions de ses six voisins B qui tendent à diriger son moment en sens inverse de M_s. On montre de même, compte tenu des valeurs de n, α, β ([5]), que l'action d'orientation d'un seul ion magnétique parmi les six voisins A est à peu près compensée par l'action d'orientation en sens inverse produite par les six voisins B, de sorte que le moment de l'ion B se comporte comme celui d'un ion libre et n'est pas saturé par le champ d'aimantation. La saturation devient normale lorsqu'il y a au moins deux ions magnétiques parmi les six voisins A. En supposant les ions Zn répartis au hasard sur les sites A, on peut calculer les probabilités des différentes configurations et les corrections à apporter aux valeurs de M_s. On obtient ainsi la courbe II qui se rapproche beaucoup des points observés.

En résumé, la théorie du *ferrimagnétisme* permet d'interpréter d'une manière satisfaisante l'aimantation à saturation des ferrites mixtes de nickel et de zinc.

ÉLECTRONIQUE. — *Caractéristiques des transistors.*

Note de MM. **Pierre Aigrain** et **Claude Dugas**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans deux Notes précédentes, un des auteurs a indiqué un modèle pour les redresseurs au germanium et les transistors qui s'accordait bien avec l'expérience en ce qui concerne les caractéristiques de ces appareils pour des voltages inverses modérés et lorsque le courant d'émetteur est nul.

Nous avons étendu les calculs aux cas où le courant d'émetteur n'est pas nul. On démontre sans peine que la plus grande partie du courant direct est formé de trous ainsi qu'il résulte des études de Shockley ([1]). Les trous émis par l'émetteur peuvent traverser la barrière de potentiel au voisinage du collecteur et augmenter ainsi le courant de collecteur, mais l'augmentation du courant de collecteur est en réalité plus forte que le courant d'émetteur par un facteur de 2 ou 3, exceptionnellement 10, ce que les théories précédentes du transistor sont incapables d'expliquer ([2]).

Dans le modèle envisagé, la résistivité de la couche superficielle est en réalité beaucoup plus forte que celle que l'on calculerait pour un semi-conducteur

([5]) L. Néel et P. Brochet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 280.

([1]) *Bell. System. Tech. Jour.*, n° 3, 1949, p. 435.

([2]) *Phys. Rev.*, 75, 1948, p. 1208.

en équilibre, à cause de la diffusion des électrons libres présents dans cette couche vers l'intérieur du semi-conducteur. Nous avons calculé que la résistivité moyenne de la couche pouvait atteindre 10 fois la valeur d'équilibre, car le nombre de trous positifs libres décroît également pour satisfaire aux équations de charge d'espace.

Si le courant d'émetteur n'est pas nul, il y aura un courant de trous qui se dirigera de l'émetteur vers une certaine région de la barrière de potentiel au voisinage du collecteur. Nous avons supposé que cette région était un cercle centré sur le collecteur, ce qui serait exactement le cas pour les transistors à structure co-axiale et ne diffère que peu de la réalité pour les autres structures. Dans la masse du semi-conducteur, en face de cette région la densité de trous et d'électrons est beaucoup plus grande que normale. On trouve alors que le courant qui traverse la barrière est formé exclusivement de trous positifs venant de la masse du semi-conducteur et que ce courant diffère peu de la valeur d'équilibre. La région superficielle a alors au plus la résistivité d'équilibre, beaucoup plus faible que celle observée sans courant d'émetteur, au voisinage de la pointe du collecteur. En tenant compte du courant latéral dans la région superficielle, on trouve que le courant de collecteur i_c correspondant à un courant d'émetteur i_e dans un transistor où la résistance superficielle est R, est donné par

$$\frac{2\pi V}{R i_1} = 1 - x + x \log x \qquad \left(x = \frac{i_c}{i_1}\right),$$

avec

$$\frac{i_e - i_1}{i_c - i_1} = g e^{+\frac{k}{i_c}},$$

où g est une constante du transistor comprise entre 0 et 1, et qui dépend en particulier de l'épaisseur de la couche et de la raideur de la transition *np*. Le facteur $e^{+\frac{k}{i_c}}$ est destiné à tenir compte de la recombinaison des trous et électrons dans la masse du semiconducteur.

Ordinairement : $k \simeq 0,1$ mA.

Les formules précédentes ont été vérifiées expérimentalement avec une excellente précision et permettent de rendre compte entièrement du gain de courant des transistors.

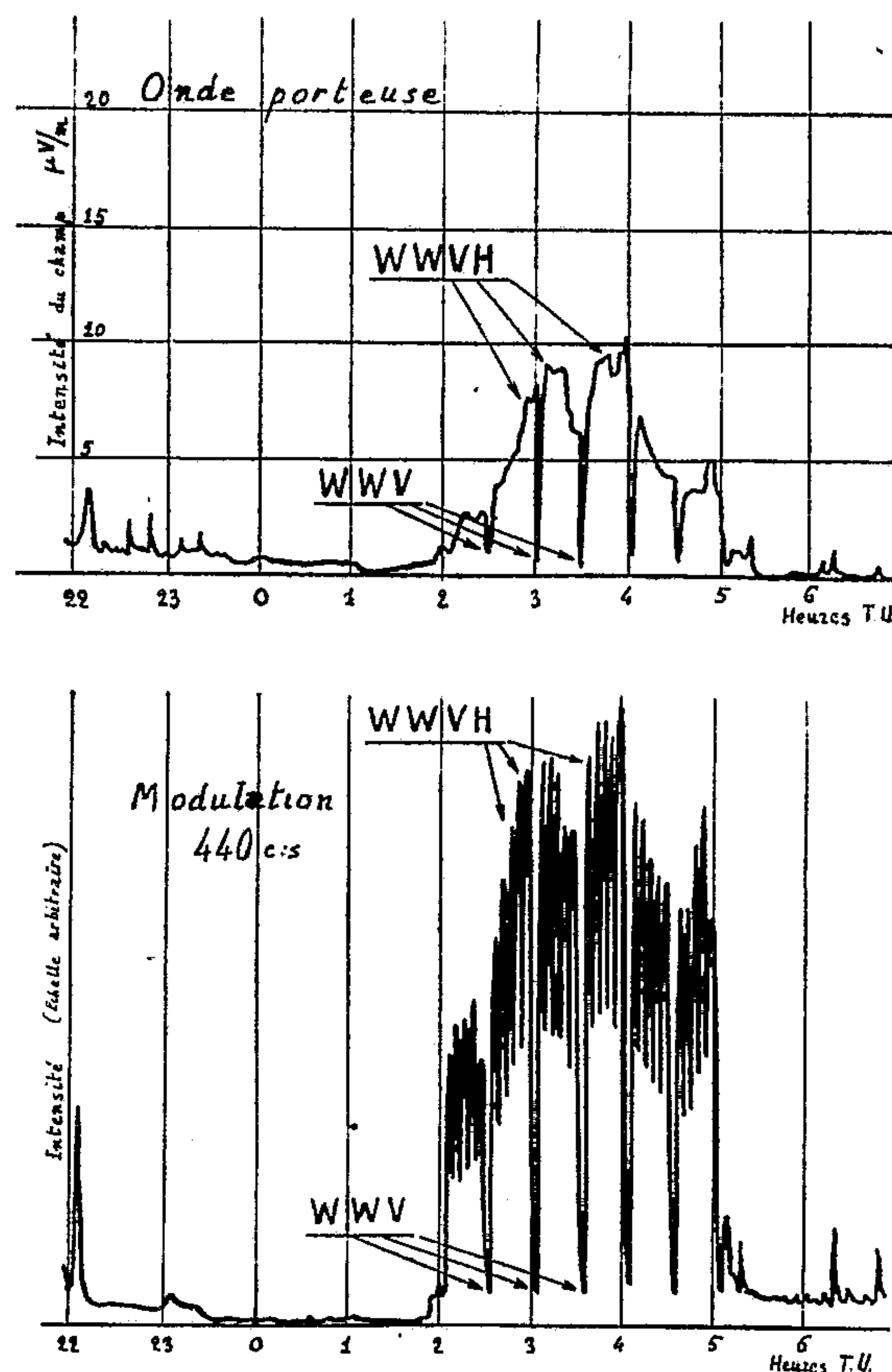
RADIOÉLECTRICITÉ. — *Étude de la propagation des ondes décamétriques au moyen des émissions de fréquence-étalon.* Note de MM. **Bernard Decaux**, **Michel Barré** et **Gérard Bertaux**, présentée par M. Pierre Lejay.

Deux Notes précédentes [1] ont attiré l'attention sur les modifications de la fréquence des ondes décamétriques par effet Doppler au cours de leur propa-

---

[1] *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 328 et 227, 1948, p. 116.

gation, observées sur les émissions de fréquences-étalon de Washington WWV. Depuis cette époque, le National Bureau of Standards a mis en service une station expérimentale située dans l'une des Iles Hawaï, émettant en même temps que Washington exactement sur trois des fréquences de ce dernier (5, 10 et 15 Mc/sec). Ces émissions simultanées apportent un élément nouveau de première importance dans les études entreprises; de plus le trajet Hawaï-Paris passe au voisinage du pôle magnétique nord. D'autre part, nous avons pu étendre les moyens expérimentaux mis en œuvre; la présente Note a pour but d'indiquer les premiers résultats obtenus.



Enregistrement de l'intensité de l'onde porteuse et de la modulation de Washington WWV et Hawaï WWVH 15 Mc : s à Bagneux le 22 décembre 1949.

Les mesures ont porté à la fois sur la fréquence des ondes reçues et sur l'intensité de leur champ, les émissions étant effectuées avec une puissance bien connue. Les ondes reçues de Washington et d'Hawaï, bien qu'ayant pratiquement la même fréquence au départ, subissent des modifications de fréquence et de phase différentes au cours du trajet. On constate ainsi des perturbations graves dans l'amplitude, la phase et la fréquence du signal reçu.

La mesure de la fréquence, pendant l'émission simultanée, perd beaucoup en précision, à cause de l'instabilité rapide; pendant les arrêts de Hawaï, la stabilité s'améliore nettement. De plus, il arrive que la valeur moyenne mesurée lors de la réception simultanée diffère notablement de la valeur mesurée sur Washington seul; l'écart peut atteindre 15.10^{-8}.

L'intensité du champ est enregistrée en permanence à Bagneux sur 15 et 20 Mc/sec; afin d'identifier l'émission et de dépister les erreurs dues à des brouillages, on enregistre en même temps l'intensité de la modulation à 440 c/sec, dont les interruptions périodiques, une minute sur cinq, produisent un crochet caractéristique dans les courbes. De plus, à certaines heures, des estimations par écoute permettent d'apprécier les intensités relatives de Washington et de Hawaï. Un appareillage analogue a été installé à bord de l'aviso polaire *Commandant Charcot*, en route pour la terre Adélie. L'enregistrement s'effectue alternativement un jour sur deux, sur 15 et 20 Mc/sec. Ces enregistrements fournissent d'importants renseignements sur les variations de la propagation en fonction de l'heure et de la saison; elles indiquent les diverses perturbations et permettent de contrôler expérimentalement les prévisions théoriques. De plus on a pu constater qu'à certaines heures, malgré la plus grande distance ($12\,000^{km}$ au lieu de 6 000) et la plus faible puissance (0,4 kW au lieu de 9 kW), la réception de Hawaï dépasse celle de Washington. Ce phénomène est particulièrement visible à Bagneux, à cette époque de l'année, dans les premières heures de la matinée, sur l'enregistrement à 15 Mc/sec. L'émission de Hawaï étant en effet interrompue 3 minutes à chaque demi-heure, les crochets périodiques observés dans la courbe indiquent qu'à ces heures le champ enregistré provient presque entièrement d'Hawaï. Des constatations identiques et particulièrement nettes ont été faites sur les enregistrements effectués à bord du *Commandant Charcot* lors de son voyage entre l'Afrique du Sud et l'Australie, spécialement en fin d'après-midi et au début de la nuit.

Des mesures spéciales avaient été entreprises lors de l'éclipse partielle de Soleil du 28 avril 1949. Elles n'ont fourni aucun résultat notable; l'éclipse était d'ailleurs peu importante (0,6), Nous envisageons d'autres expériences à l'occasion de l'éclipse totale du 12 septembre 1950 qui traversera l'Océan Pacifiqne Nord et affectera sans doute la propagation des ondes de Hawaï reçues à Paris.

SPECTROSCOPIE. — *Projet de réalisation d'un monochromateur à réseau concave en incidence oblique, pour l'ultraviolet lointain.* Note de Mlle **Micheline Salle** et M. **Boris Vodar**, présentée par M. Jean Cabannes.

Jusqu'ici on a réalisé très peu de monochromateurs destinés à l'ultraviolet lointain; citons celui de Hilsch et Pohl [1] à prismes pour la région de

[1] *Zeits. f. Phys.*, **59**, 1930, p. 812.

Schumann, et le monochromateur à réseau en incidence normale récemment construit pour l'un des auteurs de la présente Note. Cependant ces appareils ne conviennent pas aux radiations les plus courtes, par exemple à celles de la région de Millikan. Comme il est probable que c'est précisément cette région qui présente le plus intérêt pour les études des propriétés photoélectriques et photoconductrices des solides, nous avons cherché à faire le projet d'un appareil à réseau en incidence oblique. Nous avons choisi un réseau concave afin d'avoir une luminosité suffisante.

A notre connaissance, un seul appareil de ce type a été décrit (²), dans lequel le réseau glisse le long du cercle de Rowland, et les deux fentes sont fixes. Dans ces conditions, l'angle d'incidence diminue avec la longueur d'onde et la dispersion est sensiblement constante; ce sont deux défauts importants aux courtes longueurs d'onde.

En principe, plusieurs procédés de focalisation sont possibles. Nous avons retenu le suivant qui n'est pas le plus simple à réaliser, mais semble présenter certains avantages pour l'ultraviolet extrême : le réseau R auquel la source S est reliée rigidement, tourne autour d'un axe vertical, en même temps qu'il glisse sur une droite RS'; l'angle d'incidence i est choisi une fois pour toutes (*fig.* 1). Les deux mouvements sont couplés de façon que les trois points R, S et S' restent constamment sur le cercle de Rowland. Ce couplage est réalisé par le déplacement de la source S le long d'une deuxième glissière fixe SS', faisant avec la première glissière RS' l'angle constant $\alpha = (\pi/2) - i$ [*cf.* (³)]. La longueur $RS' = x = \rho \cos i'$ est fonction de l'angle de réflexion i' variable (ρ = rayon de courbure du réseau). La disposition présente l'avantage d'avoir un faisceau et une fente de sortie rigoureusement fixes, ce qui permet de monter les récepteurs d'une manière commode.

A titre d'exemple, nous indiquons quelques chiffres obtenus en nous plaçant dans les conditions suivantes : avec un réseau de 570 traits au millimètre et des angles d'incidence de 75, 85 ou 88°, pour couvrir un domaine spectral s'étendant de 50 Å à 2 500 Å, les angles de réflexion varient de 74°23' à 55°26' pour le premier cas, de 83°23' à 58°37' pour le second, et de 85°15' à 58°58' pour le dernier.

Si le rayon de courbure du réseau est de 3ᵐ, la dispersion est assez forte, elle est fonction de l'angle de réflexion suivant la formule

$$\frac{dx}{d\lambda} = 0,17 \operatorname{tg} i' \qquad (\text{en mm/Å}),$$

où dx est le déplacement du réseau le long de RS' (*fig.* 1); ou encore si l'on

(²) R. F. Baker, *J. O. S. A.*, **28**, 1928, p. 55.
(³) B. Vodar, *Revue d'optique*, **21**, 1942, p. 97.

veut évaluer directement la dispersion en fonction de la longueur d'onde

$$\frac{dx}{d\lambda} = 0,17 \frac{A - n\lambda}{\sqrt{1 - (A - n\lambda)^2}} \qquad (\text{en mm/Å}),$$

où n est le nombre de traits au millimètre du réseau et A une constante égale à $\sin i$. La figure 2 représente la courbe de dispersion. Elle montre que l'ap-

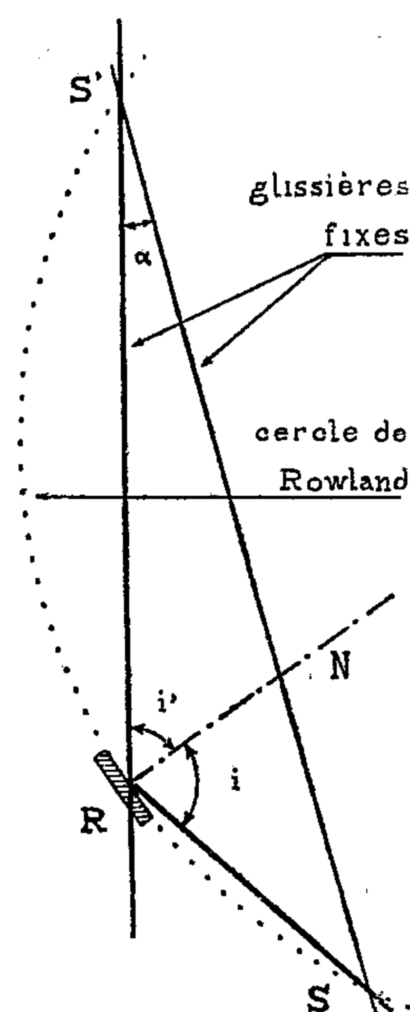


Fig. 1.

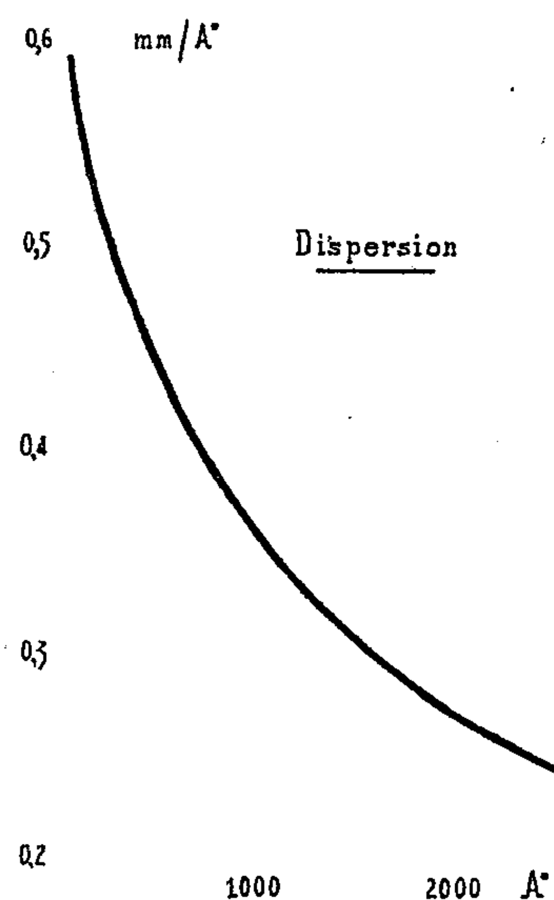


Fig. 2.

pareil a une dispersion qui croît très rapidement quand la longueur d'onde diminue, ce qui est particulièrement avantageux pour les courtes longueurs d'onde.

Dans les mêmes conditions, la dispersion linéaire, dans le plan de la fente de sortie (perpendiculairement à RS') est une constante égale à 0,17 mm/Å.

Le monochromateur dont nous venons de donner le principe est en cours de réalisation. Il sera placé dans une enceinte vidée avec un joint coulissant étanche entre le point S' fixe et le réseau R mobile.

SPECTROGRAPHIE. — *Excitation de raies interdites dans un arc à vapeur de mercure sous haute pression.* Note de M. **Lazare Goldzahl**, présentée par M. Jean Cabannes.

Hansen Takamine et Werner (¹) ont étudié l'apparition des raies interdites du mercure sous l'influence d'un champ électrique extérieur; ils ont montré que les raies interdites :

(¹) *Mathematisk-Fysiske Meddelelser*, 1923-1924.

$2p_2 - mp_1$, $2p_2 - mp_2$	n'apparaissent	que pour	des champs	électriques sup. à	5 000	V/cm
$2p_1 - mp_2$, ...	»	»	»	»	10 000	»
$2p_2 - mp_3$, ...	«	»	»	»	20 000	»
$2p_3 - mp_1$, ...	»	»	»	»	25 000	»

Takamine, Foote et Chenault ([2]) ont montré que des raies interdites du mercure sont excitées dans un arc à forte densité de courant sous une pression inférieure à 10^{mm} de mercure. Okubo et Matuyama ([3]) ont montré qu'une décharge à haute fréquence dans la vapeur de mercure, sous une pression de l'ordre de 1/1000 de millimètre de mercure, excite également des raies interdites.

Nous avons décelé l'existence de certaines raies interdites du mercure dans le spectre de la lampe Mazda MA-300, à l'intérieur de laquelle nous avons en régime normal une pression de l'ordre de 12^{atm}.

Détails expérimentaux. — On a utilisé dans le premier ordre un réseau concave de Rowland de 786 traits par millimètre et de 640^{cm} de rayon. Les clichés ont été pris sur du film Rhéoscope qui est beaucoup plus sensible que les émulsions sur plaques; les poses ont cependant duré de deux à dix heures.

On a commencé à rechercher les raies interdites en appliquant à la lampe une tension de 85 V, car on a remarqué que le fond continu émis par cette lampe diminue plus rapidement que l'intensité des raies lorsqu'on baisse la tension. Après avoir décelé l'existence des raies interdites pour 85 V on a augmenté la tension appliquée à la lampe jusqu'à 110 V et l'on a vérifié que les raies interdites étaient encore visibles sur les clichés. L'intensité de ces raies par rapport au fond continu est trop faible pour qu'on puisse reproduire convenablement les clichés.

Résultats. — Les raies interdites qu'on a pu déceler sont :

$$2p_2 - 5p_2 = 2490{,}2\ \text{Å},$$
$$2p_2 - 3p_1 = 3144{,}6\ \text{Å},$$
$$2p_2 - 5p_1 = 2486{,}9\ \text{Å},$$
$$2p_1 - 7p_2 = 2648{,}2\ \text{Å},$$
$$2p_3 - 6p_3 = 2410\ \ \text{Å},$$
$$2p_3 - 7p_1 = 2259{,}2\ \text{Å}.$$

D'après Hansen Takamine et Werner, les trois premières raies apparaissent pour des champs électriques supérieurs à 5000 V/cm et les suivantes pour des champs respectivement supérieurs à 10 000, 20 000 et 25 000 V/cm.

On admet que l'apparition de raies interdites sans l'aide de champs électriques ou magnétiques extérieurs est due au champ électrique créé par les ions transporteurs du courant. En comparant nos résultats à ceux de Hansen Takamine et Werner, nous voyons que le champ électrique créé par les ions

---

([2]) *Phys. Rev.*, **25**, 1925, p. 23-29; *Phys. Rev.*, **26**, 1925, p. 165 à 175; *Proc. Roy. Soc.*, **117**, 1927, p. 11-29; *Phil. Mag.*, **6**, 1928, p. 271-276.

([3]) *Nature*, **128**, 1931.

transporteurs du courant à l'intérieur de la lampe Mazda MA-300, sous la pression de 12^{atm}, est équivalent du point de vue de l'apparition des raies interdites à un champ électrique extérieur supérieur à 25 000 V/cm.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Nouvelle détermination de quelques* rayons *des noyaux radioactifs lourds*. Note de MM. **Salomon Rosenblum** et **Manuel Valadares**, présentée par M. Aimé Cotton.

La formule de Gamow (1)

$$\log\left[\lambda\frac{\mathrm{Ni}}{\mathrm{N}}\right] = 21,669 - 1,191\times 10^{9}\frac{Z-2}{v_{\mathrm{eff}}} + 4,084\times 10^{6}\sqrt{Z-2}\sqrt{r_0}[1-0,001j(j+1)]$$

permet de calculer les *rayons* r_0 des noyaux des éléments émetteurs alpha, si l'on connaît λ (constante de désintégration), les intensités Ni des groupes α de structure fine ($\Sigma \mathrm{Ni} = \mathrm{N}$), les vitesses v_{eff} d'émission, c'est-à-dire les vitesses d'émission corrigées du recul et les nombres azimutaux j. Les conditions deviennent particulièrement simples dans le cas où l'on peut poser j égal à 0; ceci est généralement admis pour les groupes les plus rapides des spectres des éléments dont Z (nombre atomique) et A (nombre de masse) sont pairs.

Ayant étudié récemment les intensités des raies de certains spectres alpha (2) et ayant mis en évidence quelques nouvelles structures fines (3), il nous a semblé intéressant de calculer r_0 avec les nouvelles données expérimentales.

Dans la famille du radium, où $A = 4n + 2$, nous avons calculé les valeurs de r_0 pour les éléments Io, Ra, Rn, RaA, RaC′ et Po, éléments pour lesquels on connaît les spectres magnétiques alpha. Comme on voit sur le graphique (*fig.* 1) les valeurs trouvées se placent sur une courbe régulière quoique les valeurs de $\log\lambda$ varient entre les limites -13 et $+6$.

Il est intéressant de remarquer que l'ionium qui s'écartait nettement de la courbe avant l'étude du spectre magnétique alpha se place maintenant exactement sur la courbe, si l'on tient compte des intensités relatives de structure fine. Les radio-éléments artificiels de la même famille ($A = 4n + 2$) se placent également sur la courbe avec une seule exception ; les légers écarts s'expliquent facilement par la détermination moins précise des énergies. Rn (218) par contre s'écarte nettement de la courbe, ce qui rend probable l'existence d'une structure fine assez intense. Les éléments U II (234) et Pu (238) ne s'écartent pas trop de la courbe extrapolée (non figurée), tandis que U I (238) s'en

(1) Gamow et Critchfield, *Theory of Atomic Nucleus and Nuclear Energy-sources*, p. 174; Gamow et Rosenblum, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1620.

(2) Rosenblum, Valadares et Perey, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 385; Rosenblum, Guillot et Bastin-Scoffier, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 108.

(3) Rosenblum, Valadares et Vial, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1088; Rosenblum, Valadares, Perey et Vial, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1009.

écarte nettement, ce qui pourrait s'expliquer soit par une erreur assez considérable sur l'énergie d'émission, soit par l'existence d'une structure fine intense.

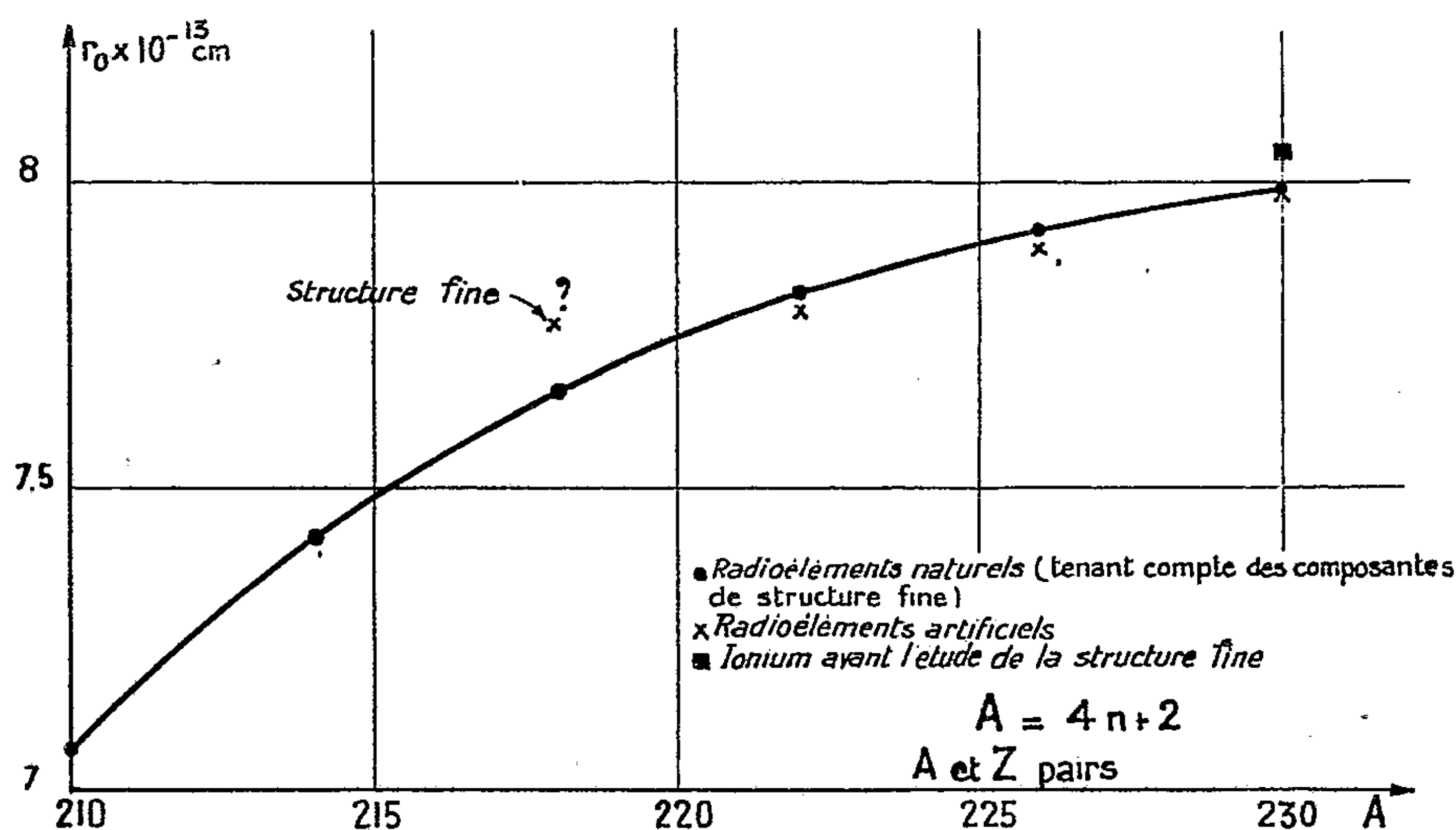


Fig. 1.

Remarquons que les spectres α de ces derniers éléments n'ont pas encore été étudiés par spectrographie magnétique.

On obtient une courbe également régulière pour la famille du thorium (A = 4n) comme on voit sur le graphique (*fig.* 2); on remarquera que le radio-

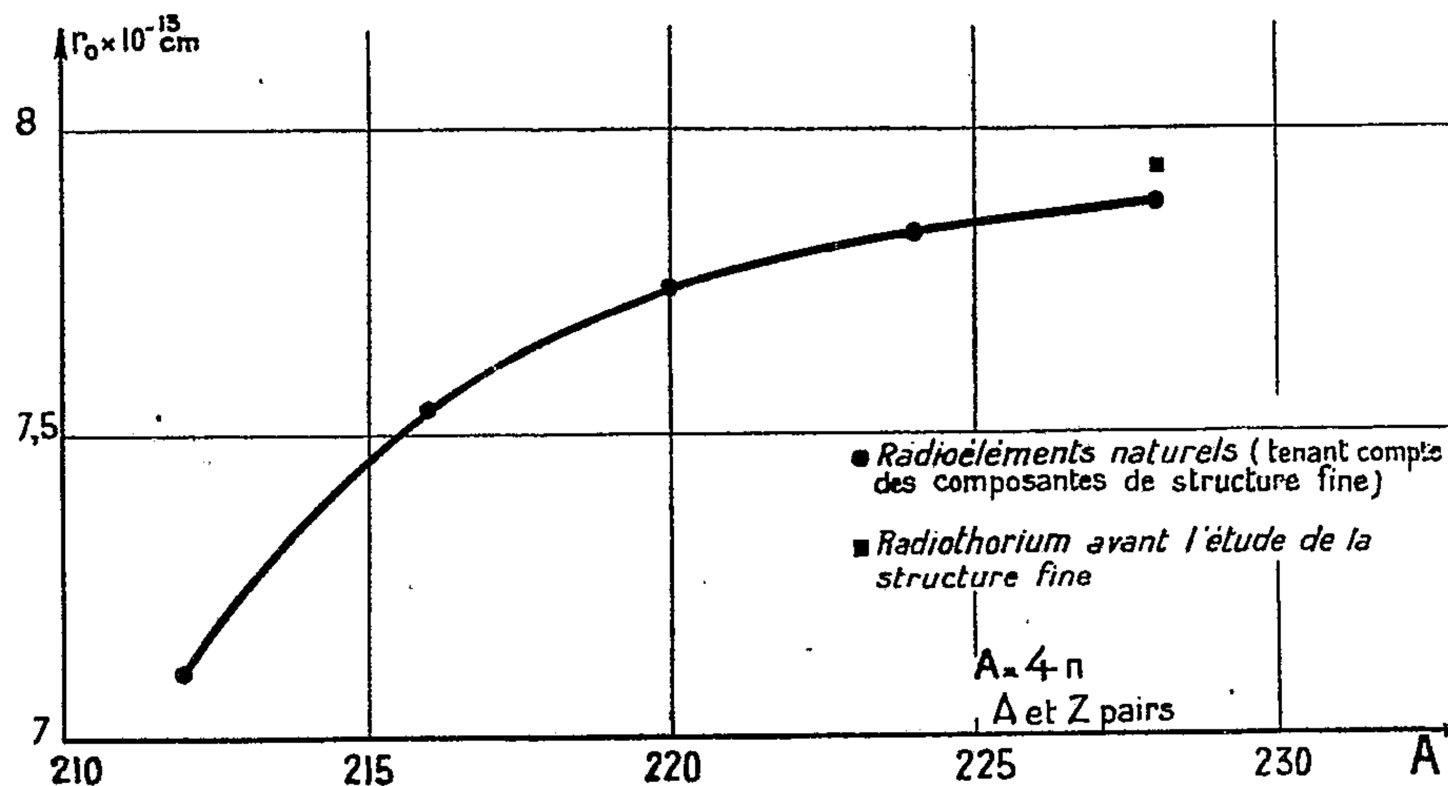


Fig. 2.

thorium se place sur la courbe si l'on tient compte de la structure fine. Les valeurs des deux courbes coïncident dans l'intervalle de A = 216 à A = 220. Le ThC′ ayant une vie très courte pourrait se placer sur la courbe de la famille

du radium si l'on admettait une erreur de l'ordre de 30 % sur la détermination de la vie moyenne, ce qui ne semble pas probable, d'ailleurs.

Il nous a paru intéressant de signaler que l'amélioration de notre connaissance des spectres magnétiques alpha permet d'établir que la formule de Gamow conduit à des valeurs de r_0 qui varient très régulièrement en fonction de A et que les écarts bien établis à partir de la courbe permettent de prévoir l'existence de structures fines et, par conséquent, d'émission gamma.

Il serait important de pouvoir étendre l'analyse des spectres magnétiques pour d'autres éléments des familles $4n$ et $4n+2$ pour voir si les courbes ne changent pas brusquement de courbure en fonction de A. Le fait que r_0 varie plus lentement quand A croît indique peut-être l'influence d'une couche qui se formerait au voisinage de $A = 208 = 126 + 82$ ([4]), la condensation des premiers nucléons ayant une grande influence sur la dimension du rayon nucléaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Résistivité électrique et composition optimum des bains de polissage électrolytique*. Note (*) de MM. **Eugène Darmois**, **Israël Epelboin** et **Djafar Amine**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré ailleurs que l'étude de la variation de la résistance électrique d'une cellule électrolytique permet de rechercher la composition optimum des bains de polissage et que cette étude peut être faite en fonction de différents facteurs, en particulier de la quantité d'ions métalliques en solution dans le bain.

La méthode est la suivante : on choisit un type de bains de composants déterminés, on réalise un certain nombre de solutions dans lesquelles ces composants entrent en proportions variables et dans chacune d'elles on dissout par polissage électrolytique la même quantité de métal. En se servant de ces solutions comme bain de polissage électrolytique, on mesure la résistance maximum de la couche anodique, c'est-à-dire celle dont le point représentatif sur la caractéristique courant-tension est le point de contact de la tangente menée par l'origine ([1]). Cette résistance maximum varie avec le bain et elle présente elle-même un maximum R pour une composition déterminée; c'est cette composition C_R qui donne le meilleur poli comme le montrent les micrographies des ferronickels que nous avons réalisées après polissage dans des bains du type acide perchlorique-anhydride acétique ([2]).

([4]) Elsasser, *Journal de Physique*, 1934, p. 635; Berthelot, *Journal de Physique*, 1942, p. 17 et 52; *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 829; Mayer, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 235 et 75, 1949, p. 1969. Voir également la bibliographie donnée dans cet article.

(*) Séance du 16 janvier 1950.

([1]) I. Epelboin, C. Chalin et B. Galperin, *Rev. de Métallurgie*, 46, mars 1949, p. 151.

([2]) E. Darmois, I. Epelboin, D. Amine et C. Chalin, *Rev. de Métallurgie* (à l'impression).

On peut expliquer ces résultats par l'existence dans la région de l'anode de champs électriques intenses produits par des anions de faibles dimensions (ClO_4^-, NO_3^-, SO_4^{--}, etc.) adsorbés sur l'anode; le champ de ces anions arrache les ions métalliques et il est d'autant plus intense que le milieu est plus anhydre. Cependant, s'il faut avoir une couche anhydre autour de l'anode afin de créer un champ fort, il est bon que le bain proprement dit contienne l'eau nécessaire à la dissolution et au transport des ions métalliques arrachés. Au-dessus d'une certaine tension, l'eau toujours présente est électrolysée et il se produit un important dégagement d'oxygène entraînant la corrosion. On a donc intérêt à polir au maximum de résistance de la couche anodique car cette valeur de la résistance correspond à la plus forte tension possible sans corrosion ([3]).

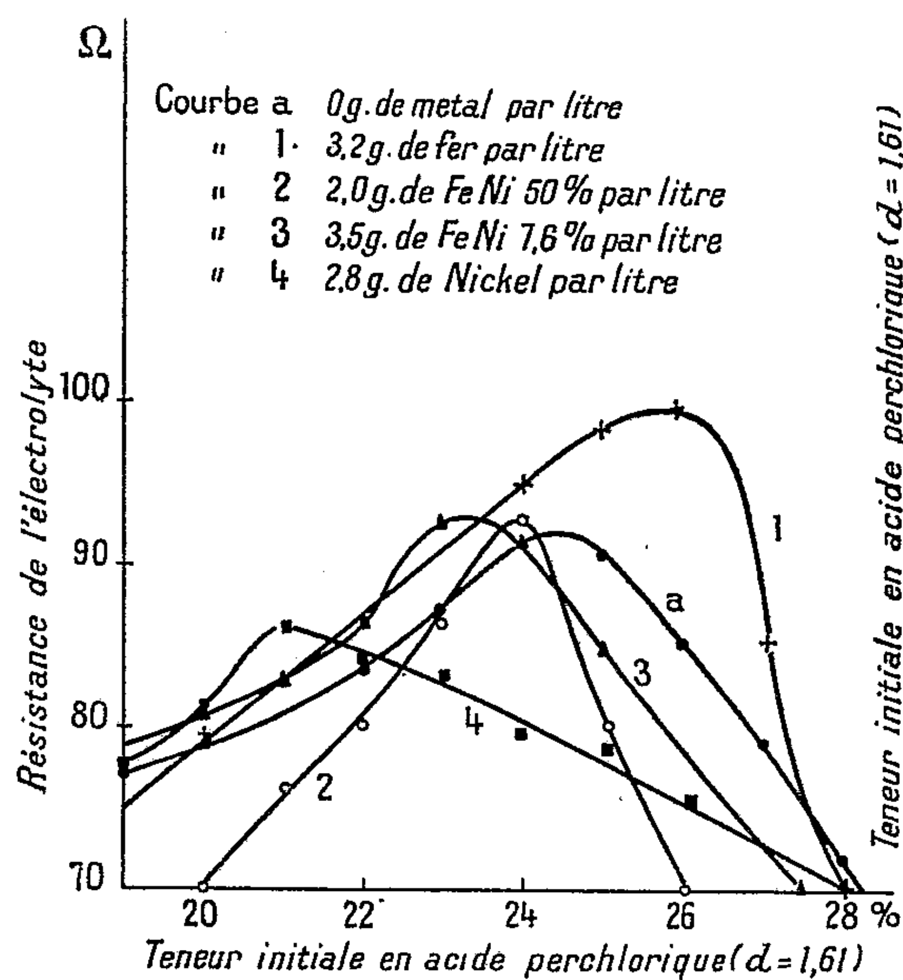


Fig. 1.

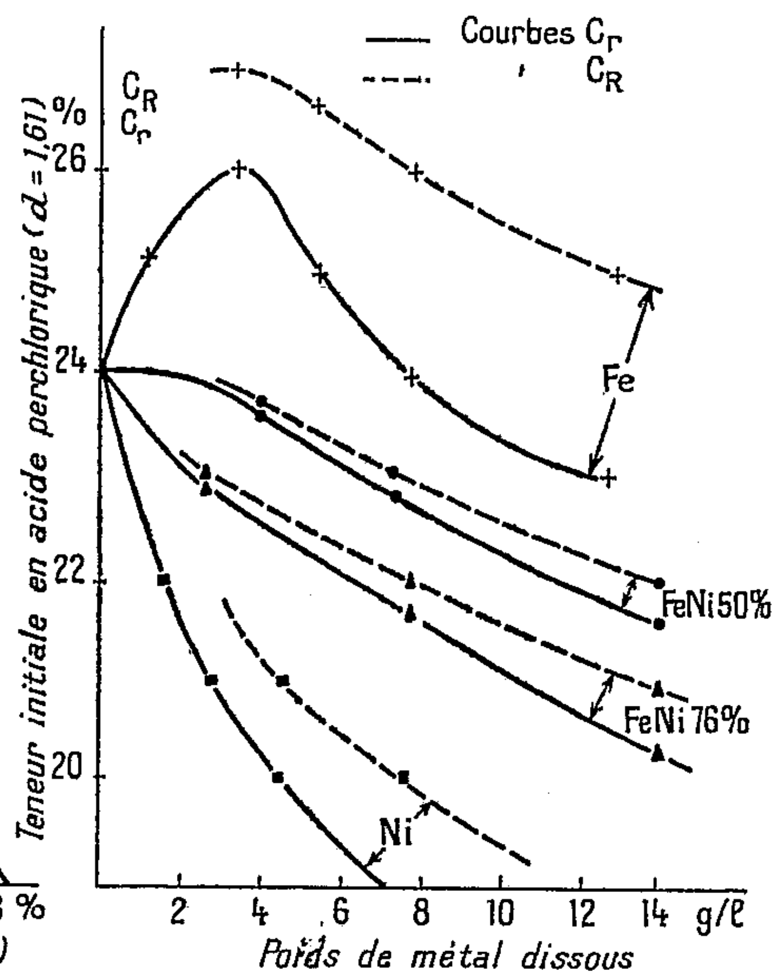


Fig. 2.

Cette hypothèse d'un milieu anhydre et d'un milieu aqueux nous a amenés à étudier la variation de la résistivité électrique des solutions que nous avions utilisées pour rechercher la meilleure composition des bains. Par exemple, la résistivité d'un mélange d'acide perchlorique aqueux ($d = 1,61$), et d'anhydride acétique (pureté 98 %) sans métal dissous présente un maximum pour une teneur voisine de 24 % en volume d'acide perchlorique. Un calcul simple montre que cette concentration correspond avec une précision convenable au mélange acide *perchlorique*-acide acétique dans la proportion $ClO_4H + 6CH_3CO_2H$.

Si nous dissolvons par polissage des ions métalliques dans la solution, on

([3]) E. Darmois, L. Épelboin et C. Chalin. Communication à la S. F. É., juin 1949; *Bulletin de la S. F. É.* (à paraître 1950).

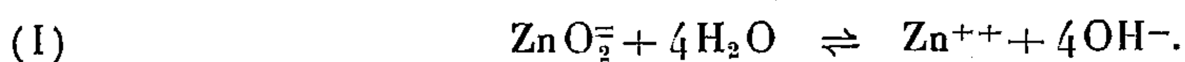
voit sur la figure 1 que le maximum de la résistivité se présente alors pour des concentrations différentes C_r en acide perchlorique. Les variations de C_r dépendent de la nature et des quantités d'ions métalliques dissous; elles se font dans le même sens que celles de la concentration C_R correspondant au maximum de la résistance R de la couche anodique. Comme dans notre précédente publication, il s'agit des concentrations initiales.

Nous avons placé sur la figure 2 les courbes indiquant les variations de C_R et de C_r en fonction de la quantité de métal dissous pour le fer, le nickel et leurs alliages. On voit que pour une même quantité de métal en solution, la concentration initiale donnant la résistivité maximum est plus faible que celle donnant R, c'est-à-dire le meilleur poli, mais ne s'en écarte que peu. L'examen des courbes C_r comme celles de la figure 2 permet donc de prévoir la formule et la rapidité de vieillissement des bains. On peut faire la même étude en fonction de la température et c'est de cette façon que nous avons déterminé la composition de bains de très faible résistivité électrique et travaillant à chaud.

En résumé, l'observation de la résistivité des solutions constitue donc une méthode très commode d'étude des bains de polissage électrolytique et, conjuguée avec celle de la résistance maximum de la couche anodique, elle permet de connaître avec précision la composition et les caractéristiques du bain donnant les meilleurs résultats pour un métal ou un alliage déterminé.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude de l'équilibre dans les solutions de zincate alcalin.* Note (*) de M. **Philippe Bernheim** et Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude au polarographe des solutions de zincate de soude dans la soude, faite en utilisant l'oscillographe pour examiner les variations du potentiel de l'électrode à goutte en fonction du temps ([1]), met en évidence la présence d'ions Zn^{++} dans ces solutions ([2]). Ces ions doivent provenir de l'hydrolyse du zincate en milieu alcalin, dont l'équilibre ionique peut être représenté par :



$$\text{(I)} \qquad ZnO_2^{=} + 4H_2O \rightleftharpoons Zn^{++} + 4OH^{-}.$$

L'application de la loi d'action des masses à cet équilibre donne :

$$\text{(1)} \qquad \frac{[Zn^{++}][OH^{-}]^4}{[ZnO_2^{=}]} = K_1.$$

La concentration $(ZnO_2^{=})$ est pratiquement égale à celle a de l'oxyde introduit,

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) Heyrovsky, *Œsterreichische Chem. Zeitung*, 48, 1947, p. 24.

([2]) Ph. Bernheim et M. Fournier, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 297.

car celle des ions Zn^{++} est très faible. D'où la constante apparente :

(2) $$\frac{[Zn^{++}][OH^-]^4}{a} = K'_1.$$

Cette constante a été évaluée par Dietrich et Johnstone ([3]) à partir du produit de solubilité de l'hydroxyde $[Zn^{++}][OH^-]^2$, de la concentration en soude, et en supposant que le coefficient d'activité de OH^- est le même dans la solution étudiée que dans une solution de soude de même force ionique.

Elle peut être atteinte plus directement en déterminant les activités des ions.

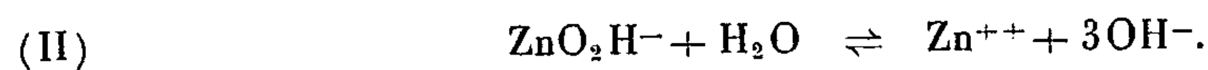
Les solutions sont préparées à partir de ZnO pur, de soude en pastilles soigneusement décarbonatée, et d'eau bouillie, dans des flacons paraffinés maintenus en thermostat ($20° \pm 0,1$).

Les activités sont mesurées sous azote par la méthode potentiométrique : celle $[Zn^{++}]$ grâce à une électrode d'amalgame de zinc 2 phases, celle $[OH^-]$ grâce à une électrode Hg/HgO.

L'équilibre des potentiels est atteint dans tout les cas en moins d'une heure et se maintient à 0,5 mV près pendant plusieurs heures.

Les résultats obtenus permettent de calculer K'_1, on trouve qu'à concentration de soude constante, pK'_1 varie régulièrement en fonction de la teneur a en ZnO ; or la variation de force ionique est beaucoup trop faible pour expliquer ces écarts. Bien plus, pK'_1 croît avec a pour les faibles concentrations en soude, au contraire, pour les solutions fortement alcalines, il décroît lorsque a augmente.

Il est vraisemblable qu'outre les ions $ZnO_2^{=}$ il existe dans certaines solutions des ions ZnO_2H^- ; l'hydrolyse se faisant alors de la façon suivante :

(II) 
$$ZnO_2H^- + H_2O \rightleftharpoons Zn^{++} + 3OH^-.$$

L'application de la loi d'action des masses à cet équilibre donne :

(3) $$\frac{[Zn^{++}][OH^-]^3}{[ZnO_2H^-]} = K_2.$$

En solutions faiblement alcalines, l'activité $[OH^-]$ décroît lorsque a croît, ce qui indique que la proportion des ions ZnO_2H^- augmente par rapport aux ions $ZnO_2^{=}$, en d'autres termes, que la réaction (II) prédomine. Dans ces conditions, la constante apparente K'_2 de la réaction (II) peut être calculée par

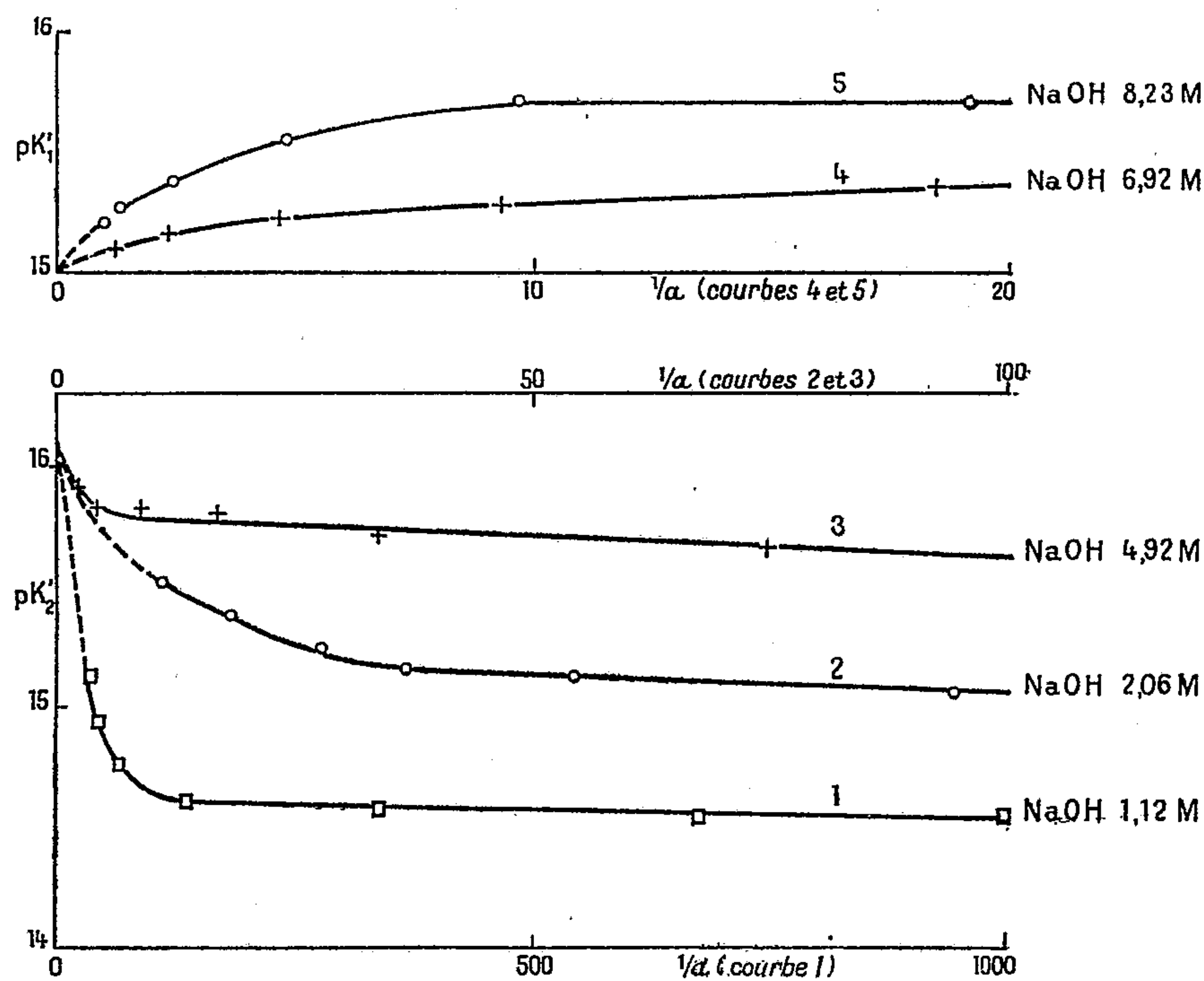
(4) $$\frac{[Zn^{++}][OH^-]^3}{a} = K'_2.$$

Les courbes 1, 2, 3 de la figure représentent les variations de pK'_2 en

---

([3]) *J. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 1419.

fonction de $1/a$, ces courbes extrapolées jusqu'à l'axe des ordonnées convergent en un même point de celui-ci.



Les courbes 4 et 5 de la figure représentent les variations de pK'_1 en fonction de $1/a$, elles se coupent aussi au même point de l'axe des ordonnées. D'où

$$pK'_1 = 15,04, \qquad pK'_2 = 16,08.$$

En résumé, l'étude de la dissociation du zincate de soude dans les solutions de soude montre que les ions Zn^{++}, ZnO_2H^- et ZnO_2^{--} coexistent, les ions Zn^{++} étant toujours en quantités très faibles, et que les ions ZnO_2H^- prédominent aux faibles pH, tandis que la proportion des ions ZnO_2^{--} augmente aux pH élevés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'équilibre des systèmes formés par des mélanges d'halogénures d'argent et de mercure.* Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une Note précédente [1] nous avons signalé une réaction photochimique réversible caractérisée par le changement de coloration de plaques au gélatino-iodures d'argent et de mercure. L'exposition de ces plaques à la

---

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1296.

lumière produit en effet une coloration violacée qui disparaît graduellement dès qu'on les remet à l'obscurité. Elle disparaît aussi d'une manière instantanée lorsqu'on porte la plaque exposée sous un courant d'eau.

En poursuivant l'étude du mécanisme de ce fait curieux, nous avons trouvé qu'en 1874, un auteur américain ([2]) a décrit la préparation d'un halogénure double d'argent et de mercure, en précipitant successivement au sein du même liquide, d'abord le chlorure d'argent et puis le bi-iodure de mercure. Il a cru avoir ainsi obtenu un sel double de formule $2ClAg.I_2Hg$, qui possède dit-il, deux propriétés remarquables. Lorsqu'on le chauffe dans l'eau jusqu'à la température de 100°, il prend une belle coloration rouge, mais redevient jaune dès qu'il est revenu à la température normale. Exposé à la lumière, il noircit légèrement, mais il reprend sa coloration primitive après un séjour suffisamment prolongé à l'obscurité.

Étant donnée l'analogie frappante de ces propriétés avec celles de nos plaques, nous avons étudié de près les phénomènes signalés par Lea et voici ce que nous avons pu constater :

Des plaques préparées avec le sel de Lea noircissent légèrement et très superficiellement à la lumière (ce qui constitue une différence très importante avec nos plaques), mais leur noircissement est dû manifestement à la présence du chlorure d'argent dans le mélange.

Nous avons pu en effet nous rendre compte que le produit de Lea, loin d'être un sel double, n'est qu'un mélange intime de chlorure d'argent et de bi-iodure de mercure; plus exactement, on se trouve là en présence d'une réaction réversible entre quatre produits selon l'équation ci-dessous, ainsi que nous allons l'expliquer plus loin :



$$2\,ClAg + I_2Hg \rightleftharpoons Cl_2Hg + 2\,IAg.$$

Sous l'action de la lumière, le chlorure d'argent, qui figure à gauche de cette équation, noircit, mais à l'obscurité, le bi-iodure de mercure réagit sur le chlorure d'argent et donne de l'iodure d'argent jaune, tandis qu'il se forme du bichlorure de mercure; le noircissement disparaît de cette façon. A la lumière, une nouvelle quantité de chlorure d'argent subit le noircissement superficiel et cette coloration disparaît de la même manière à l'obscurité.

Lorsqu'on triture ensemble, dans un mortier, du chlorure d'argent et du bi-iodure de mercure, le mélange jaunit après un certain temps de manipulation. Quand on reprend ce mélange avec de l'eau et qu'on le filtre, on constate dans le filtrat la présence du bichlorure de mercure. Par une lixiviation prolongée, on arrive à éliminer complètement le mercure sous forme de bichlorure et obtenir finalement sur le filtre de l'iodure d'argent à peu près pur.

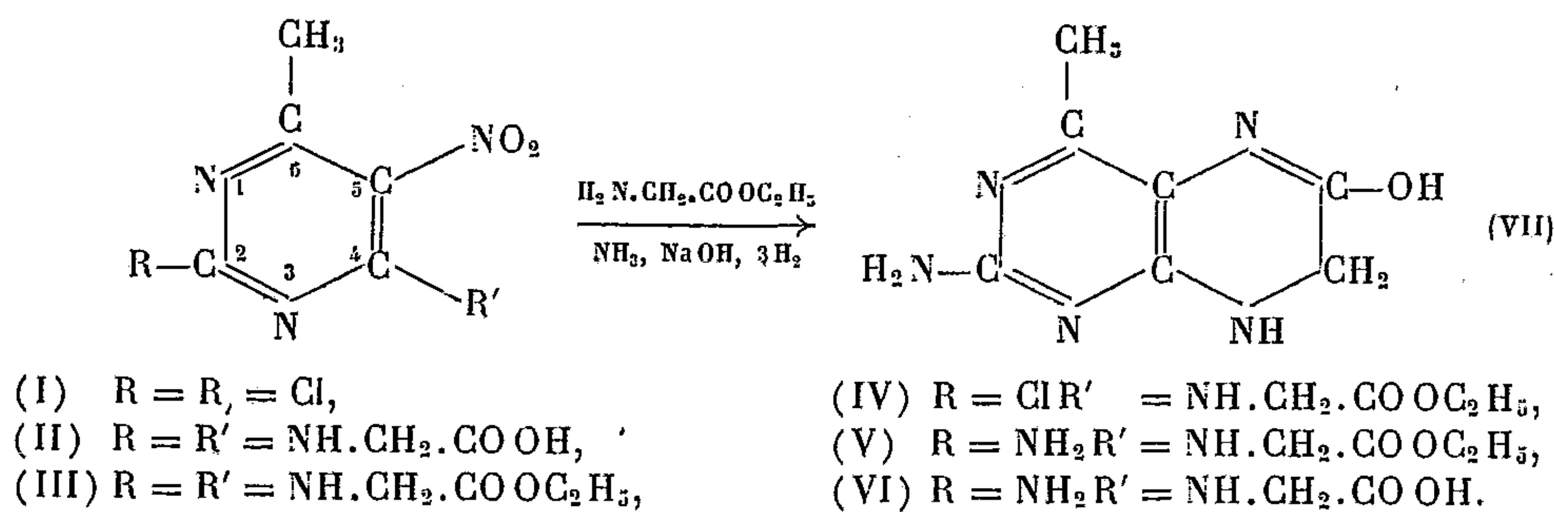
([2]) C. Lea, *Amer, J. of Science*, (3), 7, 1874, p. 34; *Gmelins Handbuch*, 7e édit., 5 (2), 1914, p. 1279; *Traité de Mellor*, 6, 1923, p. 938.

Inversement, lorsqu'on triture ensemble de l'iodure d'argent et du bichlorure de mercure, on obtient aussi un produit jaune. En reprenant ce mélange par l'ammoniaque, on y constate la présence du chlorure d'argent; la formation simultanée du bi-iodure de mercure est visible dans la mixture par la teinte rougeâtre de celle-ci.

Les deux mélanges, mis chacun dans une capsule de porcelaine et chauffés légèrement, deviennent rouges et si l'on recouvre les capsules d'une plaque de verre, le bi-iodure vient se condenser sur cette plaque. Dès qu'on cesse le chauffage, le bi-iodure de mercure formé réagit sur le chlorure d'argent qui a pris naissance, en donnant de l'iodure d'argent et du bichlorure de mercure, d'où la disparition de la coloration rouge des deux mélanges. Nous avons pensé que la formation de l'iodure d'argent dans le cas du mélange $ClAg + I_2Hg$ était due au produit de solubilité de l'iodure d'argent qui est le plus faible, mais la formation de ClAg, même à froid, en partant du mélange inverse, montre qu'il n'en est rien et qu'on est bien en présence d'une réaction réversible qui se passe entre quatre corps solides dont trois sont d'ailleurs très peu solubles. L'état d'équilibre de cette réaction varie suivant la température et les autres conditions de l'expérience, telles que la présence d'un solvant (eau, ammoniaque) ou de la lumière. Dans l'eau, où le bichlorure est soluble, la réaction a lieu surtout de gauche à droite; au contraire, la chaleur, aussi bien en milieu aqueux qu'à l'état sec, déplace l'équilibre de droite vers la gauche.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de synthèse des ptéridines.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Henri Jérôme**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours d'essais de préparation de nouvelles ptéridines, nous nous sommes proposé de réaliser la synthèse du cycle paradiazinique par l'emploi de certains acides α-aminés et tout d'abord du glycocolle qui conduit à la structure (VII).



(I) $R = R_{,} = Cl$,
(II) $R = R' = NH.CH_2.COOH$,
(III) $R = R' = NH.CH_2.COOC_2H_5$,
(IV) $R = Cl\ R' = NH.CH_2.COOC_2H_5$,
(V) $R = NH_2\ R' = NH.CH_2.COOC_2H_5$,
(VI) $R = NH_2\ R' = NH.CH_2.COOH$.

Partant de la dichloro-2.4-nitro-5-méthyl-6-pyrimidine (I), nous avons fait réagir en premier lieu le glycocolle en présence de CO_3Na_2 ou NaOH. Au cours de plusieurs essais à différentes températures et avec des quantités

variables de l'agent alcalin de condensation et de l'acide aminé, nous avons toujours observé une substitution simultanée des 2 Cl, bien que, d'après S. Gabriel et J. Colman (¹), le Cl en (IV) présente une plus grande réactivité. Le dérivé (II) ainsi obtenu est recristallisé pour l'analyse dans un grand volume d'eau (N % 24,74; 24,69, calculé 24,58); il se décompose au-dessus de 300°. Le titrage acidimétrique correspond exactement à deux fonctions acides.

On peut facilement estérifier (II) dans l'éthanol en présence de SO_4H_2 et obtenir le dérivé (III). Il est soluble dans ClH 2N. On le recristallise dans le méthanol pour l'analyse (N % 20,43; 20,35, calculé 20,52), F 131°.

Notre objectif étant d'obtenir une seule substitution en (IV), nous avons augmenté la réactivité de la fonction amine en bloquant le groupement acide du glycocolle par estérification. Nous avons alors obtenu (IV) avec un bon rendement : $4^g,47$ ($1^{mol},33$) de chlorhydrate du glycocollate d'éthyle en suspension dans 25^{cm^3} d'éthanol sont ajoutés à 5^g (1^{mol}) de (I) mis en suspension dans 25^{cm^3} d'éthanol par dissolution à chaud et refroidissement rapide. Le mélange est maintenu vers 4° et l'on verse en 30 minutes, sous agitation, une solution de $3^g,334$ ($1^{mol},33$) de CO_3Na_2 dans 15^{cm^3} d'eau. On observe rapidement l'apparition d'un abondant précipité blanc. L'agitation est maintenue 1 heure et demie. Le précipité est essoré. Le filtrat, laissé une nuit à la glacière, abandonne une seconde fraction cristalline que l'on réunit à la première. Après lavage à l'eau et séchage, on obtient $5^g,150$ de (IV) (Rdt 76 %). Le produit est très soluble dans les solvants organiques, insoluble dans ClH 2N au contraire de (III); il est, pour l'analyse, redissous dans le benzène et précipité par l'éther de pétrole (N % 20,33, calculé 20,40) (Cl % 12,45, calculé 12,91), F 78°.

Ce même dérivé pyrimidique vient d'être obtenu par G. R. Ramage, et son mode de préparation, légèrement différent du nôtre, inclus dans un brevet (Brit. 619, 915), dont nous venons seulement d'avoir connaissance par l'extrait des *Chemical Abstracts* (22, 1949, p. 9087^c). Cette méthode, qui fait appel à l'emploi du sodium et du méthanol et à 2^{mol} de glycocollate d'éthyle, nécessite des manipulations plus laborieuses.

Nous avons réalisé le deuxième temps, l'amination en (2), conduisant à (V), avec un excellent rendement : on ajoute 5^{cm^3} d'une solution aqueuse ammoniacale à 17 % à $4^g,76$ de (IV) dissous dans 45^{cm^3} de méthanol. Par agitation à la température du laboratoire, on peut observer une dissolution totale avant l'apparition d'un abondant précipité cristallin rose. On termine l'opération en tube scellé à 100° pendant 1 heure. Après refroidissement on essore, lave à l'eau, sèche et l'on obtient $3^g,63$ de (V) (Rdt 82 %), insoluble dans l'eau,

(¹) *Ber.*, 34, 1901, p. 1234.

soluble dans ClH 2N, recristallisé pour l'analyse dans le méthanol (N % 27,28, calculé 27,44). F 187°.

La saponification de (V) conduit à (VI) : 410^{mg} de (V) sont mis en suspension dans 5$^{cm^3}$ de NaOH N et dissous à chaud. Cette solution alcaline chaude est versée sur CH_3COOH bouillant et l'on précipite ainsi sous forme cristalline 310^{mg} de (VI) (Rdt 85 %). Insoluble dans l'eau et l'éthanol, ce dérivé est dissous pour l'analyse dans ClH 2N et précipité par CH_3COONa saturé (N % 31,29, calculé 30,83); il se décompose au-dessus de 320°.

Nous avons enfin réduit le groupement nitro de (VI) par Cl_2Sn dans ClH et obtenu dans un premier temps un chlorhydrate double d'étain et de la pyrimidine. Celui-ci, par simple recristallisation dans l'eau légèrement chlorhydrique, donne le monochlorhydrate de l'amino-2-méthyl-4-hydroxy-6-dihydro-7, 8-ptéridine (VII) (N % 33,45; 33,47; 33,67, calculé 32,47) (Cl % 15,93, calculé 16,46).

Nous nous proposons de généraliser ces réactions et de comparer les ptéridines ainsi préparées à celles obtenues au terme d'autres séries de réactions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du chloro-éthoxy-acétate d'éthyle sur les noyaux aromatiques : nouvelle méthode de synthèse d'acides arylacétiques.* Note de MM. **Raymond Quelet** et † **Jean Gavarret**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que les oxydes d'alcoyle α-halogénés se condensent sur le noyau des carbures aromatiques et des éthers-oxydes phénoliques en donnant les dérivés α-halogénoalcoylés correspondants.

La réaction est particulièrement importante et facile à réaliser avec les éthers de l'alcool chlorométhylique et, parmi toutes les techniques préconisées, l'une des plus avantageuses consiste à opérer en présence d'acide acétique (1).

Étudiant la généralisation de ces méthodes, l'un de nous a montré précédemment (2) que les éthers de l'alcool dibromo-1.2 éthylique réagissaient normalement sur les éthers-oxydes des phénols en substituant le radical dibromoéthyle à l'un des hydrogènes du noyau.

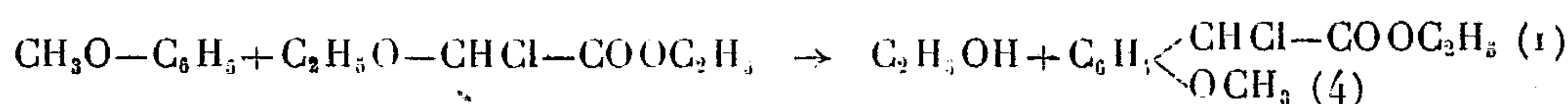
Le chloro-éthoxy-acétate d'éthyle, bien qu'il possède une activité un peu plus faible, se prête lui aussi à la réaction. En milieu acétique, il réagit lentement sur les carbures aromatiques, beaucoup plus rapidement sur les éthers-oxydes phénoliques en donnant les esters α-chloro-aryl-acétiques correspon-

---

(1) Darzens et Lévy, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 73; Vavon, Bolle et Calin, *Bull. Soc. chim.*, 6, 1939, p. 1025.

(2) Quelet et Calcagni, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 88.

dants. Avec l'anisole, par exemple, on a la réaction

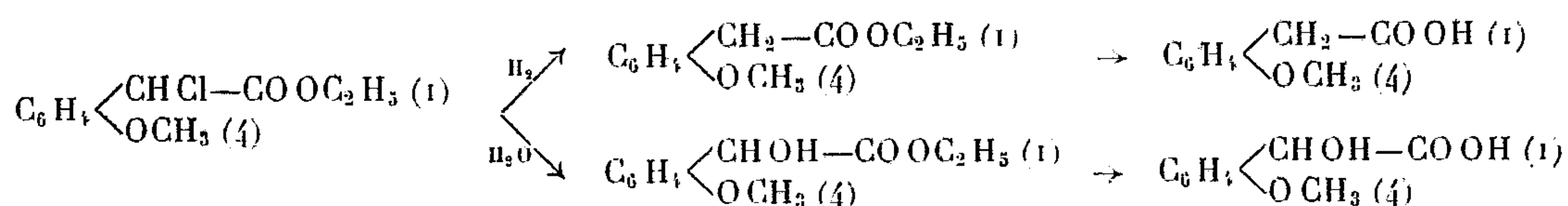


$$CH_3O-C_6H_5+C_2H_5O-CHCl-COOC_2H_5 \rightarrow C_2H_5OH+C_6H_4\begin{matrix}\diagup CHCl-COOC_2H_5\ (1)\\ \diagdown OCH_3\ (4)\end{matrix}$$

La marche de la réaction peut être contrôlée en traitant par l'eau une partie aliquote de la solution acétique renfermant des proportions équimoléculaires des deux réactifs et en dosant le glyoxylate d'éthyle qui prend naissance par hydrolyse du chloro-éthoxy-acétate n'ayant par réagi.

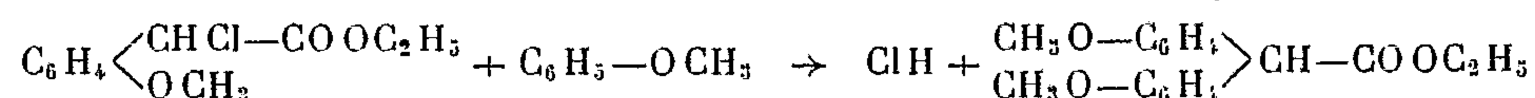
Les résultats essentiels sont les suivants : avec le benzène, la condensation est extrêmement lente et n'acquiert une vitesse appréciable qu'au-dessus de 100°; avec le naphtalène, on obtient, après 40 jours de chauffage à 65°, un rendement de 40 % en chloronaphtylacétate d'éthyle-α. Dans le cas des éthers-oxydes phénoliques, la réaction est beaucoup plus rapide et des taux de condensation de l'ordre de 70 % peuvent être obtenus après quelques heures de contact à 65° (9 heures avec le vératrole et le β-naphtolate de méthyle, 12 heures avec l'anisole). L'acide chlorhydrique catalyse la réaction et son addition au mélange réactionnel permet d'obtenir à 20° des vitesses qui, sans lui, ne sont atteintes que vers 60°.

On peut tirer parti des esters α-chloroarylacétiques qui prennent naissance en utilisant directement la solution acétique obtenue en fin de condensation. En particulier, il est aisé de les transformer en acides arylacétiques correspondants et en leurs dérivés α-hydroxylés. Dans le premier cas, on réduit directement par l'hydrogène en présence de noir de palladium et l'on saponifie l'ester facile à séparer par distillation; dans le second, on traite par l'eau à froid et l'on saponifie avec précaution l'ester hydroxylé. Par exemple



$$C_6H_4\begin{matrix}\diagup CHCl-COOC_2H_5\ (1)\\ \diagdown OCH_3\ (4)\end{matrix} \begin{matrix}\xrightarrow{H_2} C_6H_4\begin{matrix}\diagup CH_2-COOC_2H_5\ (1)\\ \diagdown OCH_3\ (4)\end{matrix} \rightarrow C_6H_4\begin{matrix}\diagup CH_2-COOH\ (1)\\ \diagdown OCH_3\ (4)\end{matrix}\\ \xrightarrow{H_2O} C_6H_4\begin{matrix}\diagup CHOH-COOC_2H_5\ (1)\\ \diagdown OCH_3\ (4)\end{matrix} \rightarrow C_6H_4\begin{matrix}\diagup CHOH-COOH\ (1)\\ \diagdown OCH_3\ (4)\end{matrix}\end{matrix}$$

La condensation initiale s'accompagne d'une réaction secondaire conduisant aux esters diarylacétiques; avec l'anisole on aboutit au diméthoxy-4.4' diphénylacétate d'éthyle



$$C_6H_4\begin{matrix}\diagup CHCl-COOC_2H_5\\ \diagdown OCH_3\end{matrix} + C_6H_5-OCH_3 \rightarrow ClH + \begin{matrix}CH_3O-C_6H_4\\ CH_3O-C_6H_4\end{matrix}\!\!>CH-COOC_2H_5$$

Ces esters diarylacétiques peuvent être préparés avec des rendements de 90 % en doublant la proportion d'éther-oxyde phénolique et en ajoutant à la solution acétique une trace de chlorure de zinc.

Condensation avec l'anisole. — La réaction a été effectuée en maintenant pendant 12 heures à 65° un mélange équimoléculaire d'anisole et de chloro-éthoxy-acétate d'éthyle dans un égal volume d'acide acétique. Après hydrogénation à température ordinaire, en

présence de noir de palladium, on obtient le *para-méthoxyphénylacétate d'éthyle*, $C_{11}H_{14}O_3$, $É_2$ 135°, puis, par saponification, l'*acide para-méthoxyphénylacétique*, $C_9H_{10}O_3$, F 84°; l'hydrolyse du produit brut fournit le *para-méthoxy α-hydroxyphénylacétate d'éthyle*, $C_{11}H_{14}O_4$, $É_2$ 162°, F 47°, puis l'acide correspondant, $C_9H_{10}O_4$, F 108°. Comme produit secondaire, on isole, dans les deux cas, le *diméthoxy-4.4' diphénylacétate d'éthyle*, $C_{18}H_{20}O_4$, $É_2$ 200°, F 47°, puis l'acide lui-même, $C_{16}H_{16}O_4$, F 110°.

Condensation avec le vératrole. — Par mise en œuvre des mêmes réactions, nous avons obtenu : le *diméthoxy-3.4 phénylacétate d'éthyle*, $C_{12}H_{16}O_4$, $É_2$ 150°, l'acide correspondant ou *acide homovératrique* $C_{10}H_{12}O_4$, F 99° (Rdt 50 % par rapport aux produits initiaux); le *diméthoxy-3.4 α-hydroxyphénylacétate d'éthyle*, $C_{12}H_{16}O_5$, $É_2$ 165°, l'acide correspondant, $C_{10}H_{12}O_5$, F 105°; l'*acide tétraméthoxy-3.3'.4.4' diphénylacétique*, $C_{18}H_{20}O_6$, F 114° et son ester éthylique, $C_{20}H_{24}O_6$, $É_2$ 210°.

Condensation avec le β-méthoxy naphtalène. — La réduction du produit brut de la condensation permet d'obtenir le *méthoxy-2 naphtylacétate d'éthyle-1*, $C_{15}H_{16}O_3$, $É_{0,4}$ 145° et l'acide correspondant, $C_{13}H_{12}O_3$, F 210° avec des rendements de 50 %; par hydrolyse, on obtient finalement l'*acide méthoxy-2 α-hydroxynaphtylacétique-1*, F 144°.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Observations sur l'orientation du chlorure de sodium et du bromure de potassium par la calcite.* Note de M. **Louis Royer**, présentée par M. Charles Mauguin.

1. J'ai signalé (¹) des accolements réguliers de certains halogénures alcalins cubiques sur une face de clivage de calcite. Les cristaux des halogénures alcalins étaient tous limités extérieurement par les faces du cube. Ils s'accolaient sur la calcite de telle manière qu'une de leurs faces du cube *p* (001) coïncidait avec la face *p* (001) de la calcite et qu'en plus la rangée [100] de NaCl était parallèle soit à la rangée [100], soit à la rangée [010] de la calcite.

On pouvait se demander si la calcite orienterait encore ces halogénures alcalins lorsque leurs cristaux seraient limités par des formes autres que celle du cube. La réponse que pourrait apporter l'expérience à cette question m'a paru importante et susceptible de fournir le cas échéant, des données complémentaires sur les phénomènes d'épitaxie. D'où l'idée d'entreprendre les essais qui font l'objet de la présente Note.

2. J'ai procédé comme il a été décrit précédemment (¹).

Pour obtenir l'orientation des cristaux de l'halogénure alcalin, il est indispensable de n'employer comme cristal support que des clivages d'une calcite très pure. Seule la variété dite spath d'Islande m'a donné des résultats positifs; seule, elle paraît donner des faces de clivage suffisamment planes et étendues pour que les cristaux de l'halogénure alcalin qui se déposent à son contact subissent l'action orientante des plans *p* (001).

Parmi les halogénures alcalins, le chlorure de sodium a l'avantage de pouvoir

(¹) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1418.

aisément donner des cristaux limités par des faces autres que celles du cube; il présente, par contre, l'inconvénient de posséder suivant la rangée [100] un paramètre qui s'écarte déjà notablement de celui de la rangée [100] de la calcite. De ce fait, l'orientation des cristaux de NaCl par la calcite est moins générale que pour les autres halogénures alcalins et des essais plus nombreux sont nécessaires pour mettre en évidence cette orientation d'une manière certaine. J'ai néanmoins commencé par effectuer toute une série d'essais avec NaCl.

3. On prépare une solution aqueuse de NaCl additionnée d'alcool éthylique et d'urée de telle manière que tous les cristaux de NaCl abandonnés par cette solution ne montrent que l'octaèdre $a^1(111)$ à l'exclusion du cubo-octaèdre et du cube. Pour vérifier que cela a bien lieu, on réalise préalablement à l'essai sur la calcite, en partant de cette solution, un dépôt orienté de cristaux de NaCl sur un clivage frais de sylvine; il est ainsi aisé de s'assurer de la forme octaédrique de tous les cristaux de NaCl déposés. On passe ensuite avec la même solution aux essais sur un clivage frais de spath d'Islande.

On observe alors, à chaque expérience sur la face de clivage de calcite, des îlots plus ou moins nombreux où les cristaux octaédriques de NaCL sont orientés suivant la loi indiquée ci-dessous. En plus, l'influence de la calcite se manifeste par le fait que les cristaux octaédriques de NaCl ont une tendance marquée à donner des chapelets de cristaux qui dessinent des croix à angles droits dont les deux bras sont parallèles aux deux rangées [100] et [010] de NaCl.

4. L'accolement se fait encore suivant la même loi si en partant d'une solution aqueuse de NaCl additionnée d'alcool éthylique et de glycocolle, on provoque la cristallisation de NaCl sous la forme d'un hexatétraèdre de la série (Oqr).

5. Afin de confirmer et d'affermir les résultats obtenus avec NaCl, j'ai entrepris une série d'essais avec KBr. Ce sel donne sur la calcite la même orientation que NaCl, mais avec cette différence que dans le cas de KBr, c'est la quasi-totalité des cristaux qui est orientée parce que les valeurs des paramètres correspondants de KBr et de la calcite sont beaucoup plus voisines que celles de NaCl et de la calcite.

Pour obtenir que KBr se dépose à partir d'une solution alcoolique sous forme de cristaux octaédriques, il suffit d'ajouter à la solution une quantité suffisante de bromure de plomb.

Ayant préparé une pareille solution, on en étale une faible quantité sur un clivage frais de muscovite. On sait que KBr est orienté par le mica de sorte qu'une des faces a_1 (111) coïncide avec le plan p (001) du mica. Lorsque les cristaux ainsi accolés sont des cubes, ils apparaissent sur le mica sous forme de triangles équilatéraux; quand ce sont des octaèdres par contre, ils dessinent des hexagones réguliers. On a donc là un moyen commode de s'assurer, surtout

si les cristaux sont de taille microscopique, que la solution abandonne bien des cristaux octaédriques de KBr.

Cela étant, on procède aux essais sur un clivage frais de spath d'Islande. On constate alors que l'immense majorité des cristaux octaédriques de KBr est orientée de la même manière que les cristaux de NaCl.

6. En conclusion, lors de l'orientation de l'halogénure alcalin par la calcite, deux choses se produisent. D'une part, la face de clivage de la calcite impose au cristal d'halogénure alcalin de s'accoler à lui toujours par une de ses faces du cube et cela quelle que soit la forme qui le limite extérieurement (cube, octaèdre, hexatétraèdre). D'autre part, la calcite oriente le cristal d'halogénure alcalin de façon que la rangée [100] de l'halogénure a même direction que l'une ou l'autre des deux arêtes [100] et [010] du rhomboèdre de calcite.

Tels sont les faits. Les conséquences qui s'en dégagent seront exposées ultérieurement.

GÉOLOGIE. — *Le Malm dans l'Ouest de la Chaîne Numidique (Algérie).* Note de M. **Michel Durand Delga**, présentée par M. Paul Fallot.

Le Jurassique supérieur, érodé avant la transgression néocomienne [1], est seulement conservé dans les régions septentrionales de la Chaîne Numidique. Parmi les unités tectoniques que j'ai décrites [2], il n'existe que dans les plus élevées. La présente Note vise les faciès du Malm dans le massif du Moul ed Demamène (écaille supérieure du Dra del Kasba, écaille moyenne de Tissimiran) et dans la klippe du Djebel Sidi-Marouf.

Dans la partie Nord de l'écaille du Dra del Kasba, entre les Mechtat Anrioune et Bou Hdach, sous 100^m de grès et quartzites peut-être néocomiens se voient environ 200^m de schistes calcareux, dans lesquels des niveaux calcaires lenticulaires montrent des Calpionelles du Tithonique (*Calpionella alpina, C. undelloïdes, C. elliptica*) fréquemment associées à des Radiolaires. Un jaspe violacé à Radiolaires se différencie en outre très localement dans la partie schisteuse de la série. Cette radiolarite est exactement datée du Portlandien; elle présente l'intérêt d'être la première signalée dans cet étage en Afrique du Nord. La presque totalité de sa faune, extrêmement riche et bien conservée, est constituée, selon L. Visse qui a bien voulu l'examiner, par des *Spumellaria*. Cela indiquerait des dépôts de mers relativement peu profondes.

Au Sud de Bou Hdach, toujours dans l'unité du Dra del Kasba, les faciès du Malm se présentent différemment. En haut de la série s'observent encore des grès et quartzites, réduits vers le Sud à de simples lentilles au sommet d'une masse de schistes sombres, non calcareux. Vers le bas, la série schisteuse (100 à 200^m) admet des intercalations de petits bancs gréseux qui lui donnent l'aspect du Flysch albo-aptien ; mais l'âge tithonique de cette formation est encore attesté par des *Calpionella alpina* parfois mélangées à des Radiolaires,

---

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1507.

(2) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1826 et p. 1913.

dans de petits nodules de calcaire à grain fin épars dans les schistes. Des dolomies blanches constituent la partie inférieure de l'écaille ; elles fournissent de rares blocs disséminés dans les couches de base des schistes, par ailleurs souvent décollés au-dessus des dolomies. Au Sud de Bou Djoudoun, il s'intercale dans ces dernières des bancs de calcaire dolomitique à silex et des schistes multicolores mimant le Trias.

Sous la lame du Dra del Kasba, l'écaille de Tissimiran montre, dans sa partie septentrionale seulement, des assises attribuables au Malm. Au Nord de Taskif, sous le Néocomien, se placent soit quelques mètres d'argile calcarifère verte ou violacée à Radiolaires (Oued ed Douida), soit quelques petits bancs d'une argile gréseuse verdâtre (bord de la voie ferrée). Au-dessous, et parfois directement sous le Crétacé, vient une série de calcaires à lits de silex blonds (150^m). Les argiles à Radiolaires rappellent l'Oolithique moyen des Babors et plus particulièrement l'Argovien de F. Ehrmann ([3]). Si ce rapprochement est justifié, il conduit à assimiler les calcaires à silex sous-jacents (ou au moins leur sommet) au Malm inférieur.

Dans la klippe du Sidi-Marouf, le Jurassique supérieur est renversé au flanc sud de la montagne. On distingue, de haut en bas, stratigraphiquement :

7. marnes schisteuses grises en plaquettes (Néocomien);

6. très localement, calcaires oolithiques noirs avec Radiolaires très rares;

5. complexe de calcaires marneux et marnes (100^m), verdâtres, souvent violacés à leur base, avec rares lits de micro-poudingues calcaires noirs; cette série est datée du Tithonique par *Calpionella alpina* et *C. elliptica;* vers sa base des *Aptychus* du Malm sont fréquents (*Punctaptychus punctatus, Lævaptychus latus*);

4. bancs de calcaire grossier (10^m) à silex blonds; souvent à l'état de fausses-brèches avec passées de marnes lie-de-vin;

3. calcaires massifs, parfois sublithographiques, à grains de quartz (100^m);

2. calcaires en gros bancs (100^m), à lits de silex blonds; vers leur base on trouve *Astarte* cf *pumila* Sow. (Lusitanien);

1. marno-calcaires avec à leur partie moyenne *A. Bulla* Goldfuss *non* Roemer, qui seraient donc, en partie au moins, du Dogger.

Dans les autres unités de l'Ouest de la Chaîne Numidique (écailles au Nord du Sidi-Marouf, écaille des Kef Sassenene et bou Rhaleb, enfin autochtone) le Malm semble manquer. Son absence est due sans doute à l'érosion qui suivit la phase tectonique anté-néocomienne. Le conglomérat de base du Crétacé inférieur au Nord du Kef bou Rhaleb renferme cependant des blocs de calcaires à Radiolaires et à *Aptychus Beyrichi* (partie supérieure du Malm) et de micro-poudingues noirs évoquant ceux du Tithonique du Sidi-Marouf.

En résumé, dans la région considérée, la base du Malm, non différenciable du Dogger, est composée de calcaires à silex blonds. Ce faciès envahit le Lusitanien du Sidi-Marouf; pourtant dans l'écaille de Tissimiran un homologue possible de l' « Argovien » des Babors est formé d'argiles calcareuses à Radiolaires. Les dolomies de l'écaille du Dra del Kasba et les calcaires massifs (niveau 3) du Sidi-Marouf doivent correspondre au Kiméridgien. Au Portlandien, les faciès se différencient plus encore : schistes sombres à bancs gréseux et schistes calcareux à lentilles calcaires dans la lame du Dra del Kasba, marno-calcaires

---

([3]) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2e s., II, 1924.

dans le Sidi-Marouf. La contemporanéité de ces assises est prouvée par leurs riches faunes de Calpionelles tithoniques.

F. Ehrmann a décrit (³) dans les Babors un Jurassique supérieur dont maints niveaux peuvent être rapprochés de ceux que nous avons datés dans notre région. Sauf indications douteuses ou mal localisées de Joleaud, et si l'on met à part le lointain et minuscule affleurement kiméridgien du Kef Sebargoud (⁴), le Malm était jusqu'à nos recherches inconnu dans la Chaîne Numidique.

SPÉLÉOLOGIE. — *L'Aven du Caladaïre (Basses-Alpes).* Note (*) de MM. **Jean Noir** et **Robert Barone**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

L'aven du Caladaïre s'ouvre au lieudit d'Obœuf, dans la commune de Montsallier (Basses-Alpes), à 2^{km} Ouest de Banon, au flanc d'une petite vallée sèche. Son altitude, 885^{m}, est très faible pour un gouffre d'une telle profondeur (487^{m}); c'est seulement dans le Carso qu'on a exploré des abîmes d'importance comparable et d'altitude moindre (700 à 550^{m}).

L'orifice est une fissure dont l'étroitesse (50^{cm}) a probablement évité au premier grand puits de 60^{m}, qu'elle domine verticalement, d'être transformé en neigière; son orientation (Est + 35° Nord) est, sauf trois très courts passages, celle de la cavité jusqu'à 325^{m} de profondeur, où, très brusquement, elle passe à Sud + 18° Ouest jusqu'au fond.

A l'extrémité Nord-Est du bas du premier puits (— 72), mais isolé de lui par de très gros blocs éboulés, s'ouvre le deuxième grand gouffre de 93^{m}. Au-dessous, on ne fait plus que descendre dans des diaclases en crans, ou dans des puits de 10 à 20^{m} au maximum.

La cavité, remarquablement peu évoluée, est due à l'élargissement de deux systèmes de cassures très verticales (immenses diaclases, mais non failles, car on n'a observé ni miroir, ni rejet). Les galeries, parfois élevées (jusqu'à 20^{m}), ont une largeur à peu près constante du haut en bas : le débit des eaux qui les ont formées n'a donc que peu varié jusqu'à l'assèchement probablement assez soudain de la moitié inférieure du gouffre.

Actuellement, on trouve l'eau courante (1 à 2 l/sec) dans le deuxième puits, et jusqu'à — 230, où elle se perd dans le fond de la diaclase. A — 394, un fort suintement disparaît aussitôt; enfin le fond de la fissure terminale (— 482 à — 487) est recouvert de boue liquide. Aucune coloration n'a pu être tentée. L'appartenance au réseau d'alimentation de la Fontaine de Vaucluse n'est pas prouvée : elle est même improbable, mais non impossible.

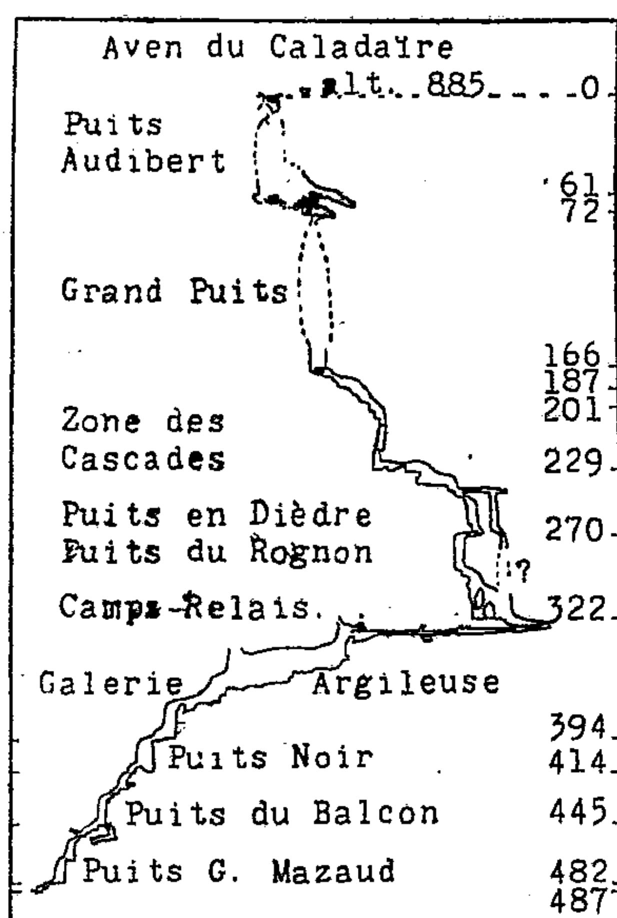
(⁴) P. Deleau, *C. R. somm. Soc. géol. France*, 1938, n° 2, p. 11.

(*) Séance du 16 janvier 1950.

On ne remarque que très peu de dépôts stalagmitiques : sur la paroi N-W du premier puits, au bas du second, et dans les cascades, de — 201 à — 229.

Le gouffre s'ouvre dans le calcaire du Bédoulien (Aptien inférieur) et se poursuit dans le Barrémien ; le changement d'étage doit se faire en dessous de la cote — 85 (altitude 800) dans le deuxième puits. La stratification est partout sensiblement horizontale. Le fond atteint probablement la limite supérieure de l'Hauterivien marneux.

Deux niveaux plus marneux se manifestent par des dépôts épais d'argile, vers — 230 et entre — 325 et — 414. Le plus haut comprend des silex très irrégulièrement mamelonnés, de volume toujours inférieur au décimètre cube;



l'autre, de grosses loupes de silex, ayant jusqu'à 1^{m} de diamètre et 40 à 60^{cm} d'épaisseur. Le premier et la partie supérieure du second sont marqués par des boyaux très peu inclinés et, exceptionnellement dans ce gouffre, à peu près aussi larges que hauts, sans toutefois être caractéristiques du passage de l'eau en conduite forcée. Peut-être correspondent-ils aux horizons fossilifères de Morteiron et de Combe-Petite ([1]), mais aucun fossile n'a pu y être observé dans de bonnes conditions.

Un peu plus bas seulement (— 422) furent trouvées des bélemnites de deux espèces au moins, dont une seule a pu être extraite pour identification.

Les températures observées en août 1949 furent : 12°,5 (air) et 11°,5 (argile très mouillée) à — 72; 11°,5 (air) et 10°,5 (eau) à — 229; plus bas, partout 11°

([1]) KILIAN, *Description Géologique de la Montagne de Lure*, p. 166.

à 11°,2 (air ou glaise peu humide). La circulation de l'air est peu vive, et due uniquement à la *respiration* de la cavité. Deux séries d'observations barométriques poursuivies au camp-relais pendant plusieurs heures ont donné des résultats concordant très bien avec ceux de la topographie par sondages et visées (— 322 et — 330, pour — 322).

Deux espèces de diptères ont été capturées : *Bolitophila cinerea* à — 300, et *Sciara bicolor* un peu partout, son domaine s'étant étendu vers le bas au fur et à mesure de la progression des explorations.

Cet Aven fut exploré par les Éclaireurs de France et la Société Spéléologique d'Avignon, sous la direction de Lenain, de 1946 à Pâques 1948, où fut atteinte la cote — 414. Les É. D. F. seuls organisèrent les deux autres expéditions, dirigées par Barone. Ayant établi un camp-relais à la profondeur record de 322^m, ils parvinrent au cours d'un séjour souterrain de 145 heures devant une fissure trop étroite, à — 482 (juillet 1948). L'exploration de 1949 (15 au 25 août) permit, outre de nombreuses observations et la révision de la topographie, le très difficile forcement de cette étroiture, mais fut arrêtée 5^m plus bas par un nouveau resserrement. Elle représente le plus long séjour sous terre jamais effectué (231 heures consécutives), ainsi que le record féminin mondial de descente dans un gouffre ([2]).

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la tige des* Mariopteris.
Note de Mlle **Paule Corsin**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le genre *Mariopteris* a été créé par Zeiller ([1]) qui range sous ce nom des plantes primitivement classées par Brongniart, soit parmi les Sphénoptéridées, soit parmi les Pécoptéridées. Ces plantes forment un groupe en apparence hétérogène. Cependant elles possèdent des caractères communs dans la morphologie externe des rameaux. Ceux-ci notamment sont composés d'éléments quadripartites, c'est-à-dire formés d'un axe support nu qui se divise en deux axes eux-mêmes nus, portant chacun à leur extrémité deux sections feuillées. Il y a donc en tout quatre pennes symétriques deux à deux par rapport à l'axe support.

Pour Zeiller ([1]) les édifices quadripartites des *Mariopteris* sont des pennes primaires portées alternativement à droite et à gauche d'un rachis primaire. Le tout constitue une fronde. Donc la tige des *Mariopteris* serait inconnue. Stur ([2]) qui comprend les *Mariopteris* dans son genre *Diplotmema*, considère

([2]) Mlle Geneviève Mazaud, qui faisait partie de l'équipe de fond.

([1]) *Explicat. Carte géol. de la France*, 4, 1880, p. 68-72; *Bull. Soc. géol. France*, 3e série, 7, 1879, p. 92-99.

([2]) *Carbon-flora*, 1885, p. 393-406.

l'élément quadripartite comme une fronde et, par conséquent, l'axe qui porte les frondes est pour lui une tige. Cette opinion de Stur fut combattue par Zeiller ([3]) et presque tous les paléobotanistes se sont rangés derrière ce dernier et ont regardé les longs axes sinueux des *Mariopteris* comme des rachis primaires portant latéralement des pennes primaires. Pourtant Kidston ([4]) se rallie à l'idée émise par Stur, mais sans apporter de preuves nouvelles. Enfin, Paul Corsin ([5]) exprime l'opinion que les très gros axes de *Mariopteris* peuvent être interprétés comme des tiges aériennes de ces plantes, mais qu'il n'existe, jusqu'à présent, aucun argument pour contrecarrer le point de vue de Zeiller.

Entreprenant la révision des échantillons de *Mariopteris* conservés au Musée Houiller de Lille, mon attention fut attirée par des plaques de schiste de grande taille portant de nombreux axes mariopteridiens parfois en relation avec des éléments quadripartites. Après les avoir dégagés avec soin, j'ai pu me rendre compte que les plus gros de ces axes étaient en réalité des tiges de *Mariopteris*.

I. *Mariopteris Sauveuri*. Brongniart.

a. Cycle phyllotaxique. — D'une tige large de 13^{mm} se détachent quatre pétioles situés dans des plans différents. La distance verticale qui sépare deux points d'attache consécutifs est d'environ 6^{cm}. La largeur des pétioles est en moyenne de 10^{mm}. J'ai pu déterminer le cycle phyllotaxique grâce à l'angle (environ 140°) que font deux pétioles consécutifs. Ce cycle est dextre et de 2/5 ou un rapport très proche de celui-ci.

b. Caractères des tiges et des rachis. — Les tiges et les rachis de *M. Sauveuri* ont sensiblement la même ornementation. Celle-ci consiste en des stries longitudinales assez fines recoupées par des *barres* transversales denses dues à des épaississements scléreux. On remarque toutefois que ces barres sont plus larges et plus épaisses sur la tige que sur les pétioles.

c Aphlébies. — Des pinnules anormales (aphlébies) sont situées à la base des rachis primaires. Elles sont très longues, divisées une fois et possèdent à leur extrémité un limbe très réduit autour des nervures.

II. *Mariopteris Leharlei* P. Corsin.

a. Cycle phyllotaxique. — Un grand échantillon figuré par Paul Corsin ([6]) montre une mince tige de 3 à 4^{mm} de largeur portant deux frondes quadripartites distantes de 13^{cm},5 environ et apparemment situées dans un même plan. Après dégagement de la tige en un point situé au-dessus de l'insertion du second rachis, à une distance égale à l'intervalle séparant les deux pennes

([3]) *Flore foss. Bassin houiller de Valenciennes*, 1888, p. 142-184.
([4]) *Foss. Plants Carbon. Rocks of Great Britain.*, 2, Part. 6, 1925, p. 587-670.
([5]) *Bass. houil. de la Sarre et de la Lorraine, Mariopteridées*, 1932, p. 111-173.
([6]) *Loc. cit.*, 1932, Pl. C, figure 1.

précédentes, est apparu un troisième rachis primaire (2,5 à 3^{mm}). Il prend naissance en dessous de la tige, donc dans un plan nettement différent des plans radiaires des deux autres rachis primaires. Là encore l'axe principal de *Mariopteris Leharlei* est bien une tige. Je n'ai pas pu établir avec certitude le cycle phyllotaxique, cependant il me paraît très voisin de 2/5, mais là, il est senestre.

b. Caractères des tiges et des rachis. — La tige de *M. Leharlei* est très grêle de même que les rachis. Leur seule ornementation consiste en des stries longitudinales très fines.

III. A la lumière de ce que nous venons de voir, on connaît également des tiges chez : *Mariopteris muricata* Schlotheim (Stur et Zeiller) (²), (³), *M. nervosa* Brongniart (Zeiller) (³), *M. carnosa* Corsin (⁵), *M. Guillaumei* Corsin (⁵), *M. latifolia* Brongniart (=*Diplotmema belgicum* Stur) (²), *M. acuta* Brgt (Stur) (²). On peut d'ailleurs dire que toutes les fois qu'un axe marioptéridien porte une ramification, on se trouve en présence d'une tige de *Mariopteris*.

IV. Par déduction, on peut admettre que les *Diplotmema*, plantes ayant la même morphologie externe que les *Mariopteris* (éléments quadripartites), mais où le limbe est réduit autour des nervures, possèdent la même édification : d'une tige se détachent des frondes quadripartites. C'est ce que montre notamment le *Diplotmema Zeilleri* Stur figuré par Zeiller (³).

CYTOLOGIE. — *La réaction de Feulgen au cours de la gamétogénèse chez* Ginkgo biloba. Note de M. **Michel Favre-Duchartre**, présentée par M. Raoul Combes.

A l'occasion de nos recherches sur la reproduction de *Ginkgo biloba*, nous avons été amené à appliquer la réaction nucléale de Feulgen aux volumineux noyaux rencontrés aux stades qui précèdent et réalisent la fécondation. A notre connaissance, T. Shimamura (¹) est le seul auteur ayant utilisé cette technique sur ce matériel; à la suite de cette étude, il déclarait que les noyaux du spermatozoïde, de la cellule centrale et de l'oosphère n'étaient pas colorables par le Feulgen, tandis que pendant les mitoses, les chromosomes étaient normalement colorés.

Nous allons énoncer nos propres observations et discuter les résultats auxquels elles nous ont conduit.

Le noyau de la *cellule spermatogène* (non observé par Shimamura) grossit considérablement depuis la mitose qui lui donne naissance, dans le tube pollinique, jusqu'au moment où il se divise pour donner deux spermatozoïdes; cette augmentation de volume s'accompagne d'un changement de forme : le

(¹) *Zur Cytologie des Befruchtungsvorganges bei* Cycas *und* Ginkgo *unter Benutzung des Feulgenschen Nuklealreaktion* (*Cytologia*, 6, 1934-1935, p. 465-474).

noyau spermatogène, originellement globuleux (6-7$^{\mu}$ de diamètre) devient discoïde en fin d'évolution ($45^{\mu} \times 20^{\mu}$). En même temps que le noyau se dilate, les filaments chromonématiques deviennent de plus en plus ténus, leur coloration par la réaction de Feulgen diminuant progressivement en devenant même tout à fait indiscernable. Lorsque ce noyau entre en prophase, les filaments redeviennent colorables et la mitose se déroule suivant les processus habituels, les chromosones étant normalement chromatiques pendant la métaphase et l'anaphase; mais, dès la fin de la télophase, on ne distingue plus d'éléments Feulgen-positifs dans les noyaux des *spermatides*. Dans les *spermatozoïdes* libérés, le noyau ($60^{\mu} \times 30^{\mu}$) est resté tout à fait Feulgen-négatif ([2]).

Dans la cellule centrale, homologue dans le gamétophyte ♀ de la cellule spermatogène, le noyau augmente progressivement de volume et atteint 70$^{\mu}$ sur 50$^{\mu}$; il quitte le centre de la cellule et se place à son pôle apical, sous le col de l'archégone; on y observe alors de longs et fins filaments restés Feulgen-positifs, enrobés d'une substance colorable par le vert-lumière. Le noyau de la cellule centrale se divise normalement, donnant naissance au noyau dit de la *cellule ventrale du canal* et à celui de l'*oosphère*; le premier entre immé diatement en involution, tandis que le second gagne le centre du gamète ♀, tout en augmentant de taille (jusqu'à 70-80$^{\mu}$ de diamètre); des filaments Feulgen-positifs sont nettement visibles pendant toute cette évolution et jusqu'au stade final où le pronucleus ♀ est prêt à recevoir le pronucleus ♂ ([3]).

Nous pensons que Shimamura n'a pas réussi à colorer par le Feulgen les noyaux de la cellule centrale et de l'oosphère parce qu'il n'hydrolysait ses préparations dans l'acide chlorhydrique normal à 60° que pendant 4 minutes, alors que la mise au point de cette technique nous a conduit à retenir 15 minutes comme durée idéale d'hydrolyse. Nos derniers résultats concordent avec les vues générales de J. Brachet ([4]) qui, contrairement à l'opinion généralement admise, déclare que les *chromomères donnent la réaction de Feulgen pendant toute l'oogénèse*; tandis que la Feulgen-négativité des noyaux ♂ est beaucoup plus rare chez les Végétaux et, à moins qu'une amélioration de technique, en particulier un meilleur choix de fixateurs, ne révèle par la suite la présence constante d'acide thymo-nucléique dans les noyaux des cellules spermatogénes adultes et des spermatozoïdes, il faudrait admettre qu'à ces stades, les chromonémas en sont complétement dépourvus. Ce comportement

---

([2]) Les spermatozoïdes surnuméraires en involution et fortement contractés ($20^{\mu} \times 10^{\mu}$) que l'on rencontre dans la cavité archégoniale, ont un noyau colorable par le Feulgen.

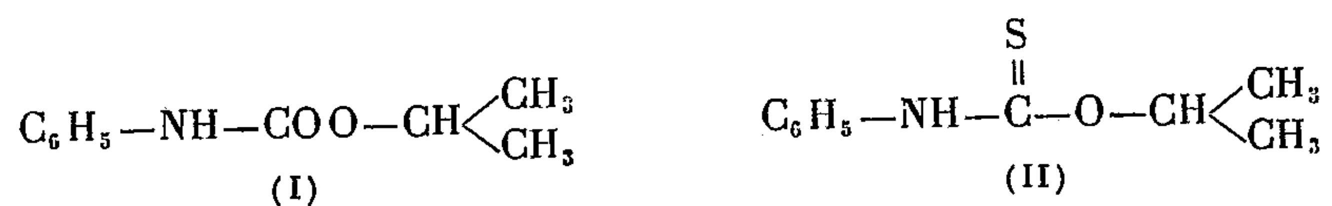
([3]) Dans les oosphères non fécondées et en état d'involution, nous observons de courts et épais filaments colorés par le Feulgen, en contact avec de gros nucléoles.

([4]) *Embryologie chimique*, 1944, p. 68-71).

particulier du spermatozoïde de *Ginkgo biloba* pourrait aller de pair avec ses dimensions exceptionnelles, caractère que l'on ne rencontre guère dans le règne végétal que chez les Cycadales et *Ginkgo*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action* phyto-inhibitrice *d'un isostère soufré du phénylcarbamate d'isopropyle*. Note de MM. **Charles Mentzer** et **Darius Molho**, transmise par M. Maurice Javillier.

L'action inhibitrice du phénylcarbamate d'isopropyle (I) vis-à-vis des végétaux supérieurs et plus particulièrement des monocotylédons a été signalée pour la première fois par Templeman et Sexton ([1]). Quand on remplace dans la molécule de cet ester carbamique l'atome d'oxygène du groupement —CO par un atome de soufre, on aboutit au phényl-thiocarbamate d'isopropyle (II) qui peut être considéré comme un isostère du phénylcarbamate correspondant.



Il existe déjà dans les publications un certain nombre de données sur l'action pharmacodynamique de couples isostères. Dans certains cas, les deux analogues structuraux ont une action opposée, comme par exemple la méthionine et la méthoxinine ([2]); dans d'autres cas, au contraire, les propriétés biologiques des deux isostères se ressemblent; ainsi l'oxybiotine se comporte comme un facteur de croissance, exactement comme la biotine ([3]). Le couple phénylcarbamate-phényl-thiocarbamate d'isopropyle se range dans cette dernière catégorie, étant donné que les deux partenaires de ce couple produisent les mêmes effets biologiques comme le montre l'expérience suivante :

10^{g} de graines de blé sont immergées pendant 24 heures dans une solution aqueuse de phényl-thiocarbamate d'isopropyle à 10^{-4} (lot A) et soumises à la germination selon la technique précédemment décrite ([4]). En même temps, un lot B est traité par du phénylcarbamate d'isopropyle à la même concentration et un lot C témoin est trempé simplement dans de l'eau ordinaire (non distillée). 24 heures après le début de l'opération, les coléoptiles apparaissent et le comportement des trois lots est identique à tous les points de vue durant plusieurs jours. Quand les cotylédons ont atteint une longueur de 5 à 7^{mm}, des différences commencent à se manisfester, entre les lots A et B dont les colé-

([1]) *Nature*, 156, 1945, p. 630.
([2]) Roblin, Lampen, English, Cole et Vaughan, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 290.
([3]) F. J. Pilgrim, Axelrod, A. E. Winnick, T. et K. Hofmann, *Science*, 102, 1945, p. 35.
([4]) C. Mentzer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 30, 1948, p. 384-396.

optiles cessent de s'allonger et croissent en épaisseur, et le lot témoin qui continue à pousser normalement. Il est important de noter que nous nous trouvons là en présence de deux substances dont l'action ne s'exerce pas au moment de leur application, c'est-à-dire au départ de la germination, mais à un stade ultérieur au développement de la plantule. Ni le taux de germination, ni la vitesse de l'allongement du coléoptile ne sont modifiés par rapport aux témoins. Les effets morphogénétiques se manifestent quand les plantules ont atteint une hauteur de 5 à 7^{mm}; à ce moment leur allongement s'arrête et l'épaississement du coléoptile s'accentue de plus en plus; l'apparition des racines par contre est complètement inhibée. Cette expérience peut être reproduite à volonté et dans tous les cas, les deux isostères se comportent qualitativement de la même façon. Seule la concentration limite active varie légèrement en fonction de la substance utilisée : elle est de $0{,}5 . 10^{-5}$ pour le phénylcarbamate d'isopropyle et de 10^{-5} pour l'isostère soufré. L'interprétation de ces faits fera l'objet d'un mémoire ultérieur.

BIOLOGIE. — *Les formations endocrines cérébrales des Isopodes marins.* Note (*) de M. **Raymond Amar**, présentée par M. Pierre-Paul Grassé.

Deux catégories de formations endocrines, en rapport avec le système nerveux céphalique, ont été reconnues jusqu'ici chez les Isopodes : l'organe pseudofrontal, homologue, selon Hanström, de la glande du sinus des autres Malacostracés, et l'organe que j'ai précédemment décrit chez *Idotea* (1) et que j'appellerai ici *organe de Bellonci*, du nom de l'anatomiste italien qui l'a signalé le premier chez *Sphæroma serratum* (2).

L'étude comparative montre que ces organes existent, et même coexistent, chez les principaux groupes d'Isopodes marins, qu'ils y présentent de remarquables variations de forme et de structure, et qu'ils y occupent des positions relatives variables avec les espèces.

Les *Valvifera*, et en particulier les *Idoteidæ*, possèdent un organe de Bellonci situé au bord antéro-supérieur de la moitié proximale du lobe optique. L'organe pseudofrontal, bien développé, est situé très distalement par rapport aux centres optiques et se rattache ventralement, assez près de l'œil, au nerf optique. De forme allongée, avec une ébauche de ramification chez *Idotea baltica*, il est plus massif et réniforme chez *Zenobiana prismatica*.

Ces formations se retrouvent également chez les *Flabellifera*. Chez les *Cironalidæ*, l'organe de Bellonci se présente sous la forme d'une vésicule ovoïde

(*) Séance du 9 janvier 1950.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 301-303.

(2) *Atti R. Accad. Lincei*, **278**, 1881, p. 93.

incluse, comme chez *Idotea*, dans le bord antérieur du lobe optique, mais l'organe pseudofrontal est moins individualisé; il moule ventralement les centres optiques externes et s'épaissit seulement distalement en une saillie bien marquée (*Conilera*). Chez les *Cymothoidæ*, l'organe de Bellonci tend à se séparer du lobe optique. Il se situe en effet (*Anilocra*) en avant du *chiasma internum* et se rattache à la *medulla interna* par un fin et très court pédoncule. L'organe pseudofrontal est bien développé, allongé et ramifié. Chez les *Sphæromidæ*, enfin, on observe encore des variations intéressantes dans la morphologie et la position des formations endocrines.

Ainsi chez *Sphæroma serratum*, alors que l'organe pseudofrontal se présente sous la forme simplifiée d'une sorte de calotte moulant ventralement la *medulla externa*, l'organe de Bellonci s'est profondément différencié en une petite vésicule, située antérieurement, au niveau de la portion distale du lobe optique. Il se rattache ventralement à celui-ci par un canal pédonculaire d'abord libre, puis inclus dans la partie proximale de la *medulla externa*. Chez d'autres représentants de la famille (*Cymodoce, Dynamene*), l'organe de Bellonci est moins nettement individualisé et forme une sorte d'appendice assez épais, légèrement dilaté au bout distal et allongé parallèlement et antérieurement aux centres optiques; proximalement, il montre un début d'intégration au lobe optique qui se creuse pour le recevoir. L'organe pseudofrontal occupe une position analogue à celle que l'on observe chez *Sphæroma* et vient coiffer la portion interne de l'organe de Bellonci.

En somme, on assiste chez les *Valvifera* et les *Flabellifera* à une série de déplacements et de variations morphologiques intéressant, d'une manière indépendante, les deux catégories de formations endocrines et que l'on peut schématiser ainsi : migration distale et différenciation en organe pseudofrontal individualisé, ultimement ramifié, d'un simple épaississement ventral du lobe optique; migration proximale et intégration au lobe optique de l'organe de Bellonci type (vésicule pédonculée). Malgré ces variations formelles, les caractères histologiques généraux de l'organe pseudofrontal, analogues à ceux notés chez les *Oniscoidea*, demeurent cependant très constants. Il en est de même de ceux de l'organe de Bellonci, qui, sauf chez les *Cymothoidæ* adultes, correspondent en gros à ceux décrits chez *Idotea*.

Enfin, chez les représentants les plus aberrants de l'ordre, *Gnathiidea* et *Anthuridea*, ces organes sont également présents. Chez *Paragnathia formica*, l'organe pseudofrontal est relativement bien développé et situé ventralement sous les centres optiques distaux contre lesquels il est étroitement appliqué. Au voisinage de cet organe pseudofrontal, proximalement, se trouve une énorme concrétion fuchsinophile, généralement sphérique, parfois plus ou moins déformée, avec quelques petits globules satellites. Malgré ses particularités, cette structure paraît pouvoir être considérée avec quelque certitude comme représentant un organe de Bellonci. Par ailleurs, les formations endocrines de

Paragnathia offrent de grandes similitudes avec celles de *Cyathura carinata*, où l'organe pseudofrontal se présente comme un épaississement de la *lamina ganglionaris* et où l'organe de Bellonci, situé plus proximalement entre la *lamina ganglionaris* et la *medulla externa* est constitué également par une sorte de grosse concrétion fuchsinophile. Ainsi l'analogie des formations endocrines que l'on observe chez les *Gnathiidea* et les *Anthuridea* vient s'inscrire parmi une série d'autres caractères communs à ces deux groupes pourtant si différents à d'autres égards.

Cette étude comparative, uniquement morphologique, nous a fourni la base anatomique indispensable à la réalisation d'expériences parallèles à celles que l'on a pu effectuer chez les Décapodes où la localisation des glandes endocrines dans le pédoncule oculaire a été un des facteurs essentiels des progrès de l'endocrinologie des Crustacés.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Implantation fractionnée de l'anneau de Weismann chez des larves* permanentes *de* Calliphora erythrocephala *Meig.* Note de M. **Bernard Possompès**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note antérieure (1) j'ai signalé que, chez des larves du troisième stade de *C. erythrocephala*, l'ablation de la glande péritrachéenne (fraction de l'anneau de Weismann constituée par les grandes cellules glandulaires), provoque une suppression de la métamorphose dans tous les cas où une telle opération précède un moment critique très voisin de l'époque du raccourcissement en tonnelet.

Parmi les larves *permanentes* ainsi préparées par extirpation de la glande péritrachéenne et aussi parfois de l'anneau de Weismann total, je n'ai retenu que les individus qui, 8 à 10 jours après l'intervention, manifestaient une activité musculaire en apparence comparable à celle d'une larve indemne parvenue au terme du dernier stade. Dans ces animaux, j'ai ensuite implanté un nombre variable d'anneaux de Weismann complets ou de constituants isolés de cet anneau, éléments issus de larves du troisième stade d'âges variés.

Que l'implantat soit constitué par l'anneau total, par l'ensemble de la glande péritrachéenne et du *corpus allatum* inclns dans sa masse ou par la glande péritrachéenne seule, on obtient des résultats identiques. Aussi peut-on attribuer les effets observés à l'action de la glande péritrachéenne. Ce fait mis en évidence, pour des raisons de commodité expérimentale, j'ai le plus souvent pratiqué des implantations de glandes péritrachéennes non dépouillées du *corpus allatum*.

Une seule glande péritrachéenne issue d'une larve prête à s'immobiliser

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1527-1529.

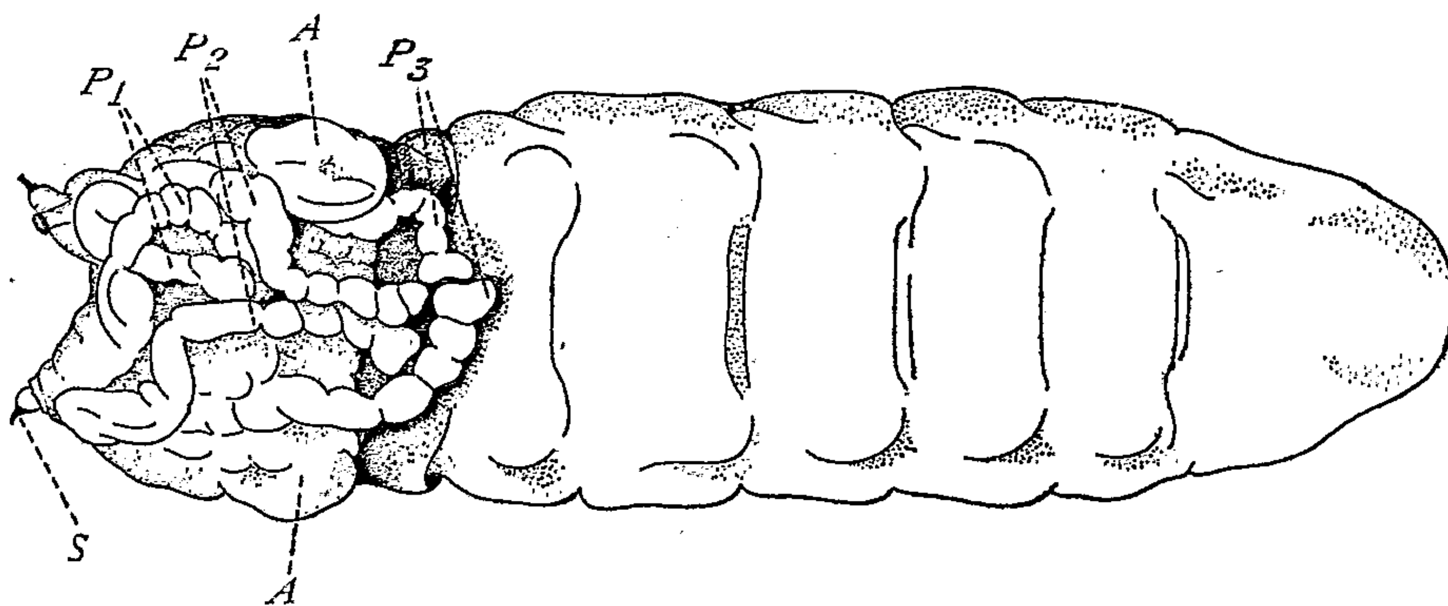
déclenche la métamorphose chez une larve *permanente* dans un délai de 30 à 48 heures. Si les larves donneuses sont plus jeunes, le seuil d'efficacité n'est plus atteint avec une unique glande et il devient nécessaire d'implanter un nombre de glandes d'autant plus élevé que celles-ci sont plus jeunes.

L'âge de l'hôte au moment de l'ablation n'influe pas sensiblement sur les résultats obtenus. Les larves *permanentes* se métamorphosent dans les mêmes délais sous l'action d'un implantat efficace identique. Malgré l'absence de la glande péritrachéenne ou même de l'anneau de Weismann complet, les larves semblent ainsi parvenir à un état de développement comparable.

Les animaux incités à se métamorphoser après la double opération décrite ci-dessus subissent, dans les cas les plus réussis, les modifications caractéristiques de l'initiation de la métamorphose : raccourcissement en tonnelet, durcissement et brunissement de la cuticule.

Souvent le raccourcissement est incomplet et le puparium conserve plus ou moins l'aspect de la larve, quoique les transformations tégumentaires demeurent normales. Dans quelques cas l'état larvaire de la cuticule se maintient sur des régions du corps d'étendue variable.

La formation du puparium est suivie de la mue libérant celui-ci (troisième mue larvaire) et, peu après, de la mue nymphale proprement dite, réalisée ici à l'intérieur du puparium.



Nymphe obtenue à partir d'une larve « permanente » par l'implantation de glandes péritrachéennes. (Implantation réalisée 17 jours après l'ablation; témoins de l'âge de l'hôte à l'état imaginal depuis déjà plusieurs jours). *A*, ébauches des ailes; P_1, P_2, P_3, ébauches des pattes; *S*, cornes stigmatiques prothoraciques. (Raccourcissement plus faible que la normale.)

Les nymphes obtenues possèdent, même dans les cas de raccourcissement incomplet, des ébauches d'ailes, d'haltères, de pattes normalement dévaginées, et des cornes stigmatiques prothoraciques typiques. Cependant l'évolution de ces nymphes s'arrête toujours au stade précédant immédiatement l'extroversion de la tête imaginale. Je n'ai jamais réussi à obtenir des nymphes expéri-

mentales plus avancées. Faut-il attribuer ce fait à un affaiblissement musculaire consécutif aux deux interventions et à un certain dépérissement de la larve durant la dizaine de jours séparant les deux opérations ?

Les processus histologiques internes liés à la métamorphose se déclenchent également : histogenèse du tube digestif imaginal, histolyse et rejet du tube digestif larvaire, libération des cellules adipeuses larvaires et accroissement en taille et nombre de leurs inclusions protidiques, transformations du système nerveux, etc.

Je ne puis encore affirmer que morphogenèse externe et transformations internes se déroulent avec leur synchronisme normal.

Les larves *permanentes*, susceptibles de survivre parfois très longtemps, deviennent, par contre, de moins en moins aptes à reprendre leur développement. La cause en est probablement une diminution trop considérable des réserves que signale un amaigrissement parfois très poussé.

Ces expériences amènent à conclure que la formation du puparium de *C. erythrocephala* et les différents phénomènes de la nymphose se trouvent sous la dépendance d'une sécrétion de la glande péritrachéenne. Ces résultats confirment les conclusions antérieurement déduites d'ablations fractionnées de l'anneau de Weismann. Ils s'accordent avec les faits mis en évidence par M. Vogt (²) chez *Drosophila hydei* à la suite d'expériences d'implantation dans des abdomens de larves isolés par ligature.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Détermination épigamique du sexe chez les* Aphidinæ. Note de M. **Lucien Bonnemaison**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

J'ai signalé (¹) (²) que les sexupares aptères de *Brevicoryne brassicæ* L. et les sexupares ailés de *Myzus persicæ* Sulz pouvaient engendrer, outre des virginipares ou des sexupares aptères ou ailés, des mâles et des femelles. Lorsque les conditions les plus favorables à la production des formes sexuées sont réunies, les sexupares aptères de chaque espèce produisent uniquement des mâles et les sexupares ailés n'engendrent que des femelles ; ces Pucerons seront donc tantôt des virgino-sexupares, tantôt des ambipares ou des sexupares vrais. Pour les sexupares aptères de *B. brassicæ*, la parthénogenèse sera deutérotoque ou arrhénotoque et pour les sexupares ailés de *M. persicæ*, elle pourra être deutérotoque ou thélytoque.

Divers facteurs permettent de provoquer à volonté l'apparition de Pucerons

(²) *Biol. Zblt.*, 63, 1943, p. 395-446.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 209.

(²) *Comptes rendus* (sous presse).

parthénogénétiques, de mâles ou de femelles, dans des lignées où la reproduction sexuée a commencé à se manifester.

Les formes sexupares ou sexuées de *B. brassicæ*, de *M. persicæ* et de *Sappaphis plantaginea* Pass. apparaissent aux températures inférieures ou égales à 20°.

Une température constante de 24 ou de 25° inhibe, en une ou deux générations, la production des sexupares ailés, des femelles et des mâles de *B. brassicæ* et de *S. plantaginea* ainsi que celle des sexupares ailés de *M. persicæ*.

Une température constante de 22° inhibe, en une ou deux générations, la production des sexupares ailés et des femelles de *B. brassicæ*, des sexupares ailés de *M. persicæ*, mais n'empêche pas la naissance des sexupares ailés de *S. plantaginea* ni celle des mâles des trois espèces.

En soumettant des sexupares aptères de *B. brassicæ* à une température constante de 25° dès la mue imaginale, il est possible d'obtenir, à partir du 12e jour, le remplacement partiel de la reproduction bisexuée par la reproduction parthénogénétique.

En élevant à une température de 20° et avec une durée d'éclairement inférieure à 13 heures, des adultes de *B. brassicæ* provenant d'une lignée soumise depuis plusieurs générations à une température constante de 25°, on peut obtenir, dans la descendance de ces Pucerons, des mâles et des femelles dès le 13e jour après le début de l'expérience.

Dans les élevages faits au laboratoire, à la lumière naturelle et à une température moyenne inférieure à 22°, les mâles naissent plus tôt à l'automne que les femelles sexuées; au printemps, les femelles cessent d'apparaître avant les mâles. D'une manière générale, les mâles naissent au cours de l'automne lorsque la durée du jour est de 13h 30m et les femelles lorsqu'elle n'est plus que de 12h 30m.

La lumière permanente (naturelle complétée par la lumière artificielle) inhibe, en 1 à 3 générations, la production des sexupares ailés ou des femelles de *B. brassicæ* et de *M. persicæ*, mais elle est impuissante à empêcher la naissance des mâles.

Les femelles sexuées de *B. brassicæ* ou de *M. persicæ* n'apparaissent plus lorsque la durée de l'éclairement est supérieure à 13 ou 14 heures.

Les sexupares ailés, qui engendrent normalement des femelles sexuées de *B. brassicæ*, n'apparaissent pas tant que l'effet de groupe est évité; en faisant intervenir ce facteur sur des Pucerons aptères, on obtient un pourcentage important de sexupares ailés ou de femelles sexuées, à la première ou à la seconde génération.

Ces faits paraissent démontrer que la production des formes sexuées est sous la dépendance étroite de facteurs écologiques.

On sait que l'œuf qui donne un Puceron virginipare ou sexupare n'émet

qu'un seul globule polaire; l'œuf mâle subit une division équationnelle pour les autosomes et une division réductionnelle pour les hétérochromosomes alors que la division de maturation est équationnelle pour tous les chromosomes de l'œuf qui engendre une femelle sexuée (Stevens 1910, Morgan 1909, 1912, 1915).

Ceci montre que certains facteurs biotiques peuvent intervenir sur la méiose chez les *Aphidinæ* : une température constante de 25° et, dans une moindre mesure, une lumière de grande durée, s'opposent à l'émission du second globule polaire et inhibent, en conséquence, la reproduction bisexuée.

Une température constante égale ou supérieure à 22°, une lumière d'une durée supérieure à 13 ou 14 heures ne permettent que la division réductionnelle des hétérochromosomes; enfin, la division équationnelle a lieu pour tous les chromosomes lorsque la température est inférieure à 22° et la durée quotidienne d'éclairement de moins de 13 heures.

Ces observations prouvent que la détermination du sexe est épigamique chez les Aphides étudiés; cette conclusion ne peut, cependant, s'appliquer à tous les *Aphidinæ* (à *Aphis saliceti* Kalt, par exemple).

BIOMÉTRIE. — *Sur une différence pondérale à l'âge adulte entre deux lignées consanguines de* Mus musculus. Note (*) de M. **Nicolas Kobozieff**, Mme **Nathalie Pomriaskinsky-Kobozieff** et M. **Marcel-Paul Schützenberger**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans deux Notes précédentes [1] nous avons étudié le poids à la naissance dans deux lignées consanguines : P (lourdes) dans laquelle aucune mutation n'a jamais été observée et L (légères) provenant d'un stock mutant, mais ne présentant actuellement plus d'anomalies.

Nous avons comparé le poids à la naissance dans chaque lignée et dans les croisements suivants : LP (♂ L × ♀ P), PL (♂ P × ♀ L), LP_2 (deuxième génération de ♂ L × ♀ P) et PL_2 (deuxième génération de ♂ P × ♀ L). Nous avons constaté qu'il n'existe pas de différence notable de fécondité entre les deux lignées. Tenant compte de l'influence importante qu'exerce, sur le poids à la naissance, le nombre de petits dans la portée, nous avons montré que les souriceaux de la lignée L sont régulièrement plus légers que ceux de la lignée P. Les deux lignées sont donc génétiquement différentes. Dans l'étude des croisements, nous avons relevé une influence paternelle et une influence maternelle, cette dernière étant d'ailleurs beaucoup plus marquée. Nous continuons ici ce

(*) Séance du 16 janvier 1950.

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1267; **230**, 1950, p. 240.

travail, en comparant cette fois le poids des souris adultes sur un échantillon de 508 animaux pesés à un âge compris entre 6 et 9 mois.

1° *Influence du nombre de souriceaux dans la portée sur le poids à l'âge adulte.* — Il y a une corrélation négative entre le poids de la souris adulte et le nombre des petits constituant la portée où elle est née (lignée P : $r_{♂} = -0{,}28$; $r_{♀} = -0{,}26$; lignée L : $r_{♂} = -0{,}23$; $r_{♀} = -0{,}06$, sur 59, 85, 59 et 113 animaux respectivement). Cependant les différences de fécondité entre les différents croisements étant relativement faibles, nous n'avons pas tenu compte de cet élément dans les calculs ultérieurs.

2° *Influence du sexe sur le poids adulte.* — Les femelles sont significativement plus légères que les souris mâles. Au total, la différence est de 1g,3 et se présente régulièrement dans les divers croisements. Les sexes étant à peu près également représentés dans nos échantillons, nous avons basé nos comparaisons sur la moyenne des poids moyens des mâles et des femelles.

3° *Différence pondérale entre P et L.* — Cette différence est extrêmement nette : 10g,92 ± 0g,27 (soit 32,6 % du poids de P). De plus les poids dans la lignée P semblent plus variables que dans la lignée L : les coefficients de variation sont respectivement de 1,37 et 1,14 et cette différence est significative.

4° *Différence pondérale entre les croisements.* — Nous avons obtenu les résultats suivants :

Type du croisement.	Nombre total. d'animaux examinés.	Poids moyens.
P	60 ♂ + 99 ♀ = 159	31,88 ± 0,35
L	60 ♂ + 113 ♀ = 173	20,96 ± 0,18
LP	21 ♂ + 21 ♀ = 42	31,69 ± 0,56
PL	22 ♂ + 22 ♀ = 44	27,14 ± 0,31
LP_2	28 ♂ + 21 ♀ = 49	28,11 ± 0,35
PL_2	21 ♂ + 20 ♀ = 41	28,52 ± 0,60

Ici encore, comme pour le poids à la naissance, le résultat le plus net est l'augmentation de poids résultant du croisement avec la lignée P (différence entre L et PL : 6g,18 soit 29,5 % du poids de L). Toutefois un effet maternel est certain, que met en valeur la comparaison entre LP et PL (la différence de 4g,55 est significative). Enfin, nous n'avons pas pu démontrer statistiquement l'existence d'une ségrégation en F_2, car il n'existe pas d'augmentation notable de la variance de la distribution des poids dans les croisements LP_2 et PL_2.

Nous poursuivons ces expériences en étudiant les croisements de retour ♂ P × (♂ P × ♀ L) et ♂ L × (♂ L × ♀ P).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Intervention des acides nucléiques dans la synthèse des enzymes de constitution des microorganismes.* Note de MM. **Robert Bonnet** et **Jacques Gayet**, transmise par M. Maurice Javillier.

En faisant varier la vitesse de croissance du *Sterigmatocystis nigra*, soit par variation de l'aliment azoté, soit par modification du rapport glucides/azote dans le milieu de culture, l'un de nous ([1]), ([2]) a montré que la formation des enzymes hydrolysant les glucides est sous la dépendance étroite des difficultés qu'éprouve l'être vivant à exécuter ses processus de croissance. Plus ces difficultés sont grandes, plus les enzymes formés sont actifs. Ainsi, par ralentissement du développement, on doit provoquer, dans le mycélium, l'accumulation d'une protéine, que l'on peut considérer comme la substance-mère des principales hydrolases. Cette manière de voir a été retrouvée par Wurtz ([3]) dans le cas de la glucose-oxydase et par Gayet ([4]) pour ce qui est des diverses phosphatases.

Dans une étude récente sur le métabolisme phosphoré du *Sterigmatocystis*, Gayet ([4]) montre que les perturbations apportées dans les processus de croissance, soit par changement de la source d'azote, soit par l'emploi de corps toxiques agissant sur le potentiel d'oxydo-réduction du milieu, se traduisent par une hausse considérable du taux du phosphore nucléique total. Cette hausse est d'autant plus importante que le rendement matériel est plus défavorable. Alors que, sur milieu normal équilibré, le phosphore nucléique total représente un tiers environ du phosphore mycélien total, sur milieux intoxiqués notamment, il en représente la moitié. Des dosages n'ayant révélé que des quantités très réduites d'acide désoxyribonucléique, on se trouve donc, dans le mycélium, en présence d'une accumulation d'acide ribonucléique.

L'ensemble de ces résultats nous incite à admettre une intervention de la fraction nucléique dans les processus aboutissant à la formation des enzymes de constitution de la mucédinée étudiée.

Les recherches de Jeener et Brachet ([5]) sur la levure ont montré que l'acide ribonucléique du cytoplasme représente deux fractions distinctes : l'une, liée aux granules submicroscopiques analogues aux microsomes décrits par Claude dans la cellule animale, cette part varie peu; l'autre fraction, dite

---

([1]) R. Bonnet, J. Bonnet et R. Catel, *Trav. Memb. Soc. Chim. biol.*, 24, 1942, p. 1378.
([2]) R. Bonnet et J. Bonnet, *Trav. Memb. Soc. Chim. biol.*, 24, 1942, p. 1145.
([3]) *Thèse Doc. Sc. nat.*, 1944, Strasbourg.
([4]) *Thèse Doc. Sc. nat.*, 1949, Strasbourg.
([5]) *Enzymologia*, 11, 1944, p. 222.

libre, offre, par contre, des variations beaucoup plus importantes et indépendantes de la vitesse du développement.

Pour Boivin (6) il existerait une relation entre les acides ribonucléiques granulaires et les acides désoxyribonucléiques des gènes nucléaires, conditionnant l'équipement enzymatique de constitution dans la cellule. C'est à une hypothèse analogue que s'arrête Spiegelman (7) lorsqu'il désigne sous le nom de plasmagènes les unités cytoplasmiques de nature nucléoprotéique, directement issues des gènes nucléaires et qui contrôlent les types et les quantités de protéines et d'enzymes synthétisées. Pour cet auteur, l'addition d'un substrat utilisable modifie les interactions compétitives entre les plasmagènes, le résultat de ces interactions ayant pour effet de déterminer la constitution enzymatique du cytoplasme.

Ces faits nous permettent de penser que les acides ribonucléiques granulaires du cytoplasme, en relation directe avec les gènes désoxyribonucléiques nucléaires déterminent l'aptitude de l'organisme à produire ses enzymes de constitution; c'est une action de contrôle qui caractérise la cellule héréditairement. Se trouve-t-on également en présence d'une action d'ordre quantitatif? C'est là que nos recherches rapprochées des observations que nous venons de rapporter peuvent donner un appui aux conclusions antérieures de Bonnet. Que représente, en effet, l'acide ribonucléique libre qui s'accumule dans les tissus du microorganisme, quand celui-ci éprouve des difficultés de développement? Cette fraction doit constituer la protéine jouant le rôle de précurseur du complexe plasmagène-enzyme de Spiegelman, ou participer à son édification. Dans ces conditions, avec une même quantité d'extrait diastasifère, correspondant par conséquent au même poids de tissu mycélien, l'activité enzymatique est proportionnellement plus élevée dans le cas d'un mycélium ayant des difficultés de développement (donc renfermant plus d'acide ribonucléique libre, en valeur absolue, et inemployé) que dans le cas d'un mycélium à croissance impétueuse (renfermant moins d'acide nucléique libre, en valeur absolue, et employé dans la synthèse des enzymes actifs pour les processus de croissance).

Le rôle exact joué par l'acide ribonucléique ou la ribonucléine doit vraisemblablement être recherché dans des réactions d'ordre catalytique faisant intervenir la configuration moléculaire, telles que celles envisagées par Pauling (8). Nos recherches nous permettront peut-être de résoudre ce problème.

---

(6) *Arch. Sc. physiol.*, **1**, 1947, p. 35.

(7) *Symp. Soc. exp. Biol.*, **2**, 1948, p. 286.

(8) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **30**, 1948, p. 247 et *Endeavour*, **7**, 1948, p. 43.

BACTÉRIOLOGIE. — *Une espèce nouvelle de bactérie fixatrice d'azote moléculaire isolée du sol* : Endosporus azotophagus *n. sp.*. Note (*) de MM. **Yao Tseng Tchan** et **Jacques Pochon**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les travaux récents sur la fixation de l'azote moléculaire par les bactéries anaérobies montrent qu'un grand nombre de germes du genre *Clostridium* possèdent cette fonction; cependant la source d'azote ne peut être uniquement moléculaire et le milieu de culture doit contenir une petite quantité d'azote combiné ([1]). Le pouvoir de proliférer sur un milieu strictement sans azote combiné apparaît comme l'apanage de *Cl. pastorianum* ([2]). Récemment on a reconnu le pouvoir fixateur de certains germes photosynthétiques ([3]).

Sur un milieu synthétique sans azote combiné nous avons isolé un germe qui présente les caractères suivants :

Morphologie. — Bâtonnet mobile, péritriche, de 4 à 6^{μ} de long sur $0^{\mu},7$ de large. Les cellules jeunes sont droites ou légèrement incurvées. Les cellules âgées présentent une spore subterminale, clostridienne. Cette spore retient assez mal la coloration de Ziehl. Le germe ne contient pas de granules iodophiles. Il ne se colore pas par la méthode de Gram.

Physiologie. — Le germe fixe l'azote moléculaire. Il ne se développe pas sur les milieux suivants : gélose profonde, eau peptonée, sérum coagulé, gélose et bouillon V. F., gélatine (au moins pour la souche fraîchement isolée).

Sur milieu synthétique minéral sans azote, les glucides suivants sont utilisés : glucose, saccharose, lactose, galactose, mannitol. Ne sont pas utilisés : arabinose, xylose, amidon, glycérol.

Les peptones sont utilisées à condition que la concentration ne dépasse pas 7 à 8 ‰. Les nitrates sont utilisés mais non réduits. La prolifération n'a lieu sur gélose que si celle-ci a été parfaitement lavée. En particulier, en gélose profonde (lavée) additionnée de sels minéraux et de mannitol, sans azote combiné, la répartition des colonies est du type anaérobie et microaérophile et celles-ci sont lenticulaires, sans formations de gaz.

La température optima de culture est de 33° (pas de culture à 55°). Les spores résistent 5 minutes à 100°.

Type fermentaire : alcool, acide formique, acide acétique.

Ces caractères doivent faire classer ce germe non dans les *Clostridium* mais

---

(*) Séance du 16 janvier 1950.

(1) E. D. Rosemblum et P. W. Wilson, *J. Bact.*, 57, 1949, p. 413.

(2) S. Winogradsky, *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 1585.

(3) Lindstrom, Burris et Wilson, *J. Bact.*, 58, 1949, p. 313.

dans le genre *Endosporus* qui, à notre connaissance, ne contient encore aucune espèce décrite capable de fixer l'azote moléculaire. Nous proposons pour cette espèce nouvelle le nom de *Endosporus azotophagus* (n. sp.).

IMMUNOLOGIE. — *Résistance naturelle et immunité contre le venin de Serpent chez la Mouffette des Andes.* Note de M. **Jean Vellard**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une Note antérieure [1] j'ai montré la résistance élevée de diverses espèces de *Conepatus* au venin des *Viperidæ*, soulignant l'intérêt de poursuivre cette étude chez des animaux provenant de régions dépourvues de serpents, afin de séparer, dans les faits observés, ceux qui relèvent d'une immunité acquise et transmise par hérédité chez des chasseurs habituels de serpents et ceux qui peuvent dépendre d'une résistance naturelle par tout autre mécanisme. Pour expliquer la résistance des *Conepatus* du Brésil et de l'Argentine au venin, je penchai alors vers la première hypothèse.

Grâce à la Compagnie Française des Mines de Huaron, j'ai pu obtenir de nombreux exemplaires de *C. inca*, provenant de la haute région andine du Pérou central (Dept. de Junin), au-dessus de 4000^{m}. La contrée, dépourvue de serpents, est isolée de toute région abritant des serpents venimeux. Cette étude a été réalisée à Huaron, à 4250^{m}.

Les résultats sont très différents de ceux qui avaient été obtenus avec les *Conepatus* de plaine.

Tous nos animaux ont montré une résistance considérable aux venins de *Crotalus terrificus* et de *Bothrops neuwiedii* : 50^{mg} du premier ont produit des symptômes passagers chez un animal de 1500^{g} et 130^{mg} du second ont été nécessaires pour tuer en 48 heures un exemplaire de 2000^{g} par voie intra-musculaire. Pour le Chien et par voie intra-musculaire, la dose minima mortelle est de 1,0 mg/kg avec le venin *C. terrificus* et de $2^{mg},0$ avec le venin de *B. neuwiedii.*

Mais, au contraire des espèces de plaine, *C. inca* ne possède pas d'anticorps circulants et son sérum est incapable de protéger le Pigeon contre une dose minima mortelle de venin (injection intraveineuse au Pigeon du mélange sérum-venin après 60 minutes contact *in vitro* à 37° C). Une légère activation a même été observée.

C. inca est aussi résistant que les espèces de plaine aux effets coagulant et protéolytique des venins : *coagulabilité du plasma fluoré* 60 minutes, B. m. 37°C : début de coagulation, $0^{mg},06$; coagulation totale, $0^{mg},20$ avec *B. neuwiedii;* $0^{mg},10$ et $0^{mg},40$ respectivement avec *C. terrificus*. Début de l'action anticoagulante $1^{mg},0$ (*C. t.*), de l'action protéolytique $0^{mg},50$ (*B. n.*). Coagulabilité du plasma de Chien : $0^{mg},00026$ (*C. t.*) et $0^{mg},00020$ (*B. n.*).

---

(1) *C. R. Soc. Biologie*, **143**, 1949, p. 5.

Les globules rouges de *C. inca* sont très résistants aux solutions salines hypotoniques : hémolyse partielle avec solution NaCl 3,6 °/₀₀ en 60 minutes; hémolyse totale avec solution à 2,8 °/₀₀; l'addition de venin modifie peu ce résultat.

Les globules des espèces de plaine sont très sensibles à l'action hémolytique des venins; les globules lavés sont lysés par les venins purs en l'absence de lécithine ou de sérum. Les globules de *C. inca* sont au contraire très résistants, n'hémolysent pas en présence de venin pur, et sont lentement lysés en présence de venin et de sérum de Chien ou de Cheval.

Venin de Naja naja : 0^{cm^3},1 sérum chien + 0^{cm^3},2 globules *C. inca* 5 % + venin : 0^{mg},05 venin +++; 0^{mg},10 ++; 0^{mg},20 ± (B. m. 37°C, 30 minutes.

De même, en présence de venin, le sérum de *C. inca* forme peu d'hémolysines; il ne peut lyser les propres globules de *C. inca* et lyse lentement ceux de Chien. Le sérum des espèces de plaine est, au contraire, très actif, dans les mêmes conditions.

Une différence fondamentale existe donc entre le comportement des *Conepatus* de plaine et celui de l'espèce andine vis-à-vis des venins ophidiques. Les premiers possèdent une véritable immunité spécifique, avec anticorps contre les venins des *Viperidæ* et sont très sensibles à leurs effets hémolytiques. L'espèce andine présente une résistance élevée, sans immunité véritable et sans anticorps, et une sensibilité bien moindre aux effets hémolytiques des venins.

La résistance sans anticorps, telle qu'elle s'observe chez l'espèce andine, a dû exister primitivement chez tous les *Conepatus*. Il s'y est ajouté, chez les espèces de plaine qui chassent les serpents venimeux, une immunité spécifique secondaire, provoquée par des morsures fréquentes et se transmettant par hérédité, accompagnée d'une grande sensibilité aux effets hémolytiques des venins, sensibilité que l'on retrouve chez d'autres animaux résistants, comme les sarigues. Cette résistance primitive explique comment les mouffettes ont pu supporter, au début, des morsures multiples et acquérir leur immunité secondaire.

Il nous a paru intéressant de signaler ces deux modes différents de résistance au venin de Serpent dans le genre *Conepatus*, mais il serait nécessaire d'étendre ces recherches à d'autres animaux appartenant à des groupes possédant aussi une résistance élevée, mais vivant dans des régions privées de serpents, comme les sarigues de certaines îles des Antilles, afin d'établir les conditions et le mécanisme exact de cetté résistance naturelle sans anticorps.

La séance est levée à 16h.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 21 novembre 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Aloys Herrmann*, Quelques théorèmes sur la géométrie du triangle :

Page 1055, 2e ligne en remontant, *au lieu de* $\delta = -(\alpha/3)$, $\varepsilon = -(\beta/3)$, $\zeta = -(\gamma/3)$, *lire* $\delta = -(2\alpha/3)$, $\varepsilon = -(2\beta/3)$, $\zeta = -(2\gamma/3)$.

Page 1056, 10e et 11e lignes en remontant, *remplacer* le théorème 5 par le suivant :

Théorème 5. — *Seuls les triangles de Morley homologiques au triangle* ABC, *selon la construction précédemment indiquée sont équilatéraux.*

(*Comptes rendus* du 14 décembre 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Dov Tamari*, Les images homomorphes des groupoïdes de Brandt et l'immersion des semi-groupes :

Page 1292, 4e ligne, *au lieu de* $\langle A' \rangle \subset \mathcal{B}'$, *lire* $\langle A' \rangle \subset \mathcal{B}$.

» 1293, 12e ligne, *au lieu de* algébrique est une telle opération, *lire* algébrique.

» » 15e ligne, *au lieu de* (10), *lire* (9).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JANVIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Denis Brocq-Rousseu**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenu à Paris, le 22 janvier 1950.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelles remarques sur le problème de la règle des signes*. Note (*) de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

1. Dans la règle des signes de la multiplication des nombres relatifs

$$(+)(+)=(-)(-)=+, \qquad (+)(-)=(-)(+)=-, \tag{1}$$

et dans la définition de la *valeur absolue* d'un nombre comme nombre positif,

$$|\pm 1| = 1 = +1, \tag{2}$$

le signe $+$ joue un rôle privilégié, ce qui semble contredire le principe de Kant de la relativité des nombres positifs et négatifs. Il était donc naturel d'admettre que la règle

$$(+)(+)=(-)(-)=-, \qquad (+)(-)=(-)(+)=+ \tag{3}$$

et la définition de la valeur absolue d'un nombre

$$|\pm 1| = 1 = -1 \tag{4}$$

sont également logiquement admissibles. Nous avons vu (1) qu'il en est effectivement ainsi.

Considérons comme exemple la réduction de l'addition de plusieurs

---

(*) Séance du 16 janvier 1950.

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 535-537; **229**, 1949, p. 1178.

nombres égaux à une multiplication. La règle de l'Arithmétique donne

$$5+5+5=3.5=15,$$

les règles (1) et (2)

$$+5+5+5=+3.+5=+15, \qquad -5-5-5=+3.-5=-15$$

et les règles (3) et (4)

$$+5+5+5=-3.+5=+15, \qquad -5-5-5=-3.-5=-15.$$

Les règles de signes (1), (2) et (3), (4) conduisent à des résultats identiques.

Contrairement au problème de la règle des signes dans la multiplication, qui admet deux solutions pouvant être choisies arbitrairement, le problème des additions et soustractions directes des nombres relatifs n'a qu'une solution unique. Cela tient à ce que dans cette solution les signes *plus* et *moins* figurent simultanément comme symboles des opérations d'addition et de soustraction et comme signes distinctifs des nombres relatifs, ces derniers sous une forme compatible avec le principe de Kant.

Soit A tout nombre absolu, non affecté de signe; on a

$$(5) \qquad A-A=0, \qquad 0+A-A=0.$$

Admettons, en appliquant le principe de la permanence des formes opératoires, que les égalités (5) continuent à être exactes, lorsqu'on substitue à A un nombre relatif $R=+A$ ou $R=-A$,

$$(6) \qquad (+A)-(+A)=0, \qquad (-A)-(-A)=0,$$

$$(7) \qquad +(+A)-(+A)=0, \qquad +(-A)-(-A)=0.$$

En transformant les égalités (6), en tenant compte des égalités (7) et de la deuxième des égalités (5), il vient

$$(8) \quad -(+A)=-A, \quad -(-A)=+A, \quad +(+A)=+A, \quad +(-A)=-A.$$

Si l'on substitue dans ce système d'égalités $-A$ à chaque $+A$ et $+A$ à chaque $-A$, ce système reste identique à lui-même, ce qui démontre sa compatibilité avec le principe de Kant.

2. Pour préciser l'application de la deuxième règle des signes en géométrie analytique, démontrons, en la généralisant, une remarque que nous avons faite précédemment [1].

Théorème. — *Deux fonctions continues de n variables, qui ne diffèrent l'une de l'autre que par le signe de toutes les variables, et auxquelles on applique respectivement la première et la seconde règle des signes, représentent dans un espace à n dimensions des lieux géométriques symétriques par rapport à l'origine des axes de coordonnées et, par conséquent, dans deux espaces dont le sens positif des axes de l'un est opposé à celui de l'autre, des lieux géométriques identiques.*

Il résulte du théorème de Weierstrass et Lebesgue que *toute* fonction continue dans un intervalle donné peut être représentée par une série uniformément convergente de polynomes dans cet intervalle.

Soient a_i le paramètre de l'un quelconque des termes T_i de l'un des polynomes figurant dans la première des fonctions considérées, $x_1, x_2, \ldots, x_n$ les variables et $A_i, X_1, X_2, \ldots, X_n$ les valeurs numériques du paramètre et des variables. Admettons que parmi ces n variables p ont le même signe et les $n-p$ autres, le signe contraire

$$a_i = \pm A_i, \quad x_1 = \pm X_1, \quad \ldots, \quad x_p = \pm X_p,$$
$$x_{p+1} = \mp X_{p+1}, \quad \ldots, \quad x_n = \mp X_n.$$

Le terme T_i peut être exprimé dans ces conditions comme suit

$$T_i = A_i X_1^{\alpha_1} \ldots X_p^{\alpha_p} X_{p+1}^{\beta_1} \ldots X_n^{\beta_{n-p}} (\pm)^{1+B} (\mp)^C, \qquad B = \alpha_1 + \ldots + \alpha_p, \qquad C = \beta_1 + \ldots + \beta_{n-p},$$

et le terme correspondant T'_i de la deuxième fonction, qui ne se distingue du terme T_i que par le signe de chacune des variables, se présentera alors sous la forme

$$T'_i = A_i X_1^{\alpha_1} \ldots X_p^{\alpha_p} X_{p+1}^{\beta_1} \ldots X_n^{\beta_{n-p}} (\mp)^B (\pm)^{1+C}.$$

Il nous reste à démontrer que, les termes T_i et T'_i étant soumis respectivement aux règles des signes (1) et (3), on a $T_i = T'_i$, quels que soient les valeurs et les signes des nombres entiers B et C.

Avec la règle des signes (1), on a respectivement pour des exposants pairs et impairs $(\pm)^{2n} = +$, $(\pm)^{2n+1} = \pm$ et, avec la règle des signes (3), $(\pm)^{2n} = -$, $(\pm)^{2n+1} = \pm$. En effectuant le calcul, on trouve les résultats consignés dans le tableau ci-dessous. Les données des colonnes 3 et 4 ont été obtenues en appliquant respectivement les règles des signes (1) et (3).

B.	C.	$(\pm)^{1+B}(\mp)^C$.	$(\mp)^B(\pm)^{1+C}$.
Pair	Pair	$(\pm)$	$(\pm)$
Impair	Impair	$(\mp)$	$(\mp)$
Pair	Impair	$-$	$-$
Impair	Pair	$+$	$+$

Les termes T_i et T'_i sont donc effectivement égaux, et ce résultat, obtenu pour l'un quelconque des termes des polynomes, s'étend nécessairement à tous les autres termes de ces fonctions. C. Q. F. D.

3. Comme nous l'avons mis en évidence dans la Note précitée ([1]), si l'une des deux unités $+1 = +\sqrt{+1}$ ou $+1 = +\sqrt{-1}$ est considérée comme réelle, l'autre est imaginaire et *vice versa*. Il en est de même des unités définies par les *équations d'origine* $+1 = +\lceil +1$ ou $+1 = -\lceil -1$ ([2]). Ces résultats me paraissent importants, car ils donnent une justification logique au tracé des

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1104-1106.

courbes dites imaginaires, complétant les courbes réelles sur le plan cartésien, en admettant que les imaginaires $+\sqrt{-1}$ et $-\sqrt{-1}$ ont comme valeur numérique l'unité, tout en restant soumises aux règles de calcul qui leur sont propres.

Ce procédé, en ce qui concerne l'imaginaire $\sqrt{-1}$, mais sans justification logique satisfaisante, a été envisagé par Chasles dans ses *Aperçus historiques sur l'origine et le développement des méthodes en géométrie* (1837), par Poncelet dans son *Traité des propriétés projectives des figures* (1822), et a fait l'objet de nombreuses recherches de Maximilien Marie exposées dans les trois volumes de sa *Théorie des fonctions de variables complexes* (1874-1876). Le grand prestige de Cauchy, qui n'admettait pas qu'on puisse « dire ce que signifie ce prétendu signe ($\sqrt{-1}$), ni quel sens on doit lui attribuer », détermina l'abandon et l'oubli de ces tentatives et recherches. Les nouvelles considérations sur lesquelles j'ai attiré l'attention contribueront, peut-être, au revirement de l'appréciation de cette méthode.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau de l'Académie un Ouvrage de M. Georges Guinier intitulé : *Éléments de physique moderne théorique*. I. *Mécanique ondulatoire*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Charles Camichel** fait hommage d'un Ouvrage de M. Léopold Escande intitulé : *Méthodes nouvelles pour le calcul des chambres d'équilibre*, dont il a écrit la *Préface*. Les méthodes proposées fournissent la solution des problèmes les plus complexes intéressant les chambres d'équilibre. Elles reposent sur un calcul de proche en proche dont le degré d'approximation a été vérifié par comparaison avec des formules analytiques, dans certains cas, et avec des résultats d'expériences, dans d'autres cas.

M. **Charles Jacob** offre, de la part de M. **Maurice Gignoux**, Membre non résidant, la quatrième édition de la *Géologie stratigraphique* et souligne le beau succès de ce traité.

CORRESPONDANCE.

M. **René Dujarric de La Rivière** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *Richard Fosse*.

M. **Maurice Gevrey** adresse des remercîments pour la distinction accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Deux siècles d'horlogerie. Les Le Paute.* Conférence prononcée le 17 mai 1949, par M. ALEXANDRE BERTRAND.

2° Thèses présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier pour obtenir le titre d'ingénieur-docteur, par LÉONCE DEIBNER. 1re Thèse : *Microdosage iodométrique du Fer et son application au dosage du Fer dans les vins et les jus de raisin.*

3° Comité des travaux historiques et scientifiques. *Soixante-quinzième Congrès des Sociétés Savantes de Paris et des Départements à Nancy*, 1950.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Une théorie axiomatique des carrés de Steenrod.* Note (*) de M. **HENRI CARTAN**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soient donnés deux groupes abéliens G et G′, et une application bilinéaire symétrique $(x, y) \to f(x, y)$ de $G \times G$ dans G′. Si K est un complexe simplicial, notons C(K, G) [resp. C(K, G′)] le groupe gradué des cochaînes de K à valeurs dans G(resp. G′). On sait que N. E. Steenrod ([1]) associe à f une suite d'applications bilinéaires $(x, y) \to p_i(x, y)$ de $C(K, G) \times C(K, G)$ dans C(K, G′) (i entier, $p_i = 0$ pour $i < 0$; nous notons $p_i(x, y)$ ce que Steenrod appelle $x \cup_i y$). Ces applications satisfont notamment aux conditions

$$(1) \qquad p_i(x, y) \text{ est de degré } m + n - i;$$

$$(2) \qquad \delta p_i(x, y) = p_i(\delta x, y) + (-1)^m p_i(x, \delta y) + (-1)^{m+n-i} p_{i-1}(x, y) + (-1)^{m+n-mn} p_{i-1}(y, x),$$

(m désigne le degré de x, n le degré de y, δ l'opérateur cobord).

Considérons, d'une manière générale, deux groupes abéliens gradués A et A′ (à degrés ≥ 0), munis chacun d'un opérateur *cobord* δ qui satisfait à $\delta\delta = 0$ et augmente le degré d'une unité; et une suite d'applications bilinéaires p_i de $A \times A$ dans A′, qui satisfont aux conditions (1) et (2). L'ensemble des données (A, A', p_i) constitue ce que nous appellerons un *système de i-produits.*

Quand on a un tel système, on en déduit, comme Steenrod, des homomorphismes Sq_i des groupes de cohomologie, à savoir : pour $m - i$ impair, Sq_i applique $H^m(A)$ dans le sous-groupe des éléments d'ordre 2 de $H^{2m-i}(A')$; pour $m - i$ pair, Sq_i applique $H^m(A)$ dans $H^{2m-i}(A'/2A')$.

2. Soient maintenant (A, A', p_i) et (B, B', q_i) deux systèmes de i-produits. On sait que les produits tensoriels $A \otimes B = C$ et $A' \otimes B' = C'$ peuvent être munis d'une structure graduée (le degré de $x \otimes y$ est la somme des degrés de x et de y) et d'un opérateur δ défini par

$$\delta(x \otimes y) = (\delta x) \otimes y + (-1)^m x \otimes (\delta y) \qquad (m = \text{degré de } x).$$

(*) Séance du 23 janvier 1950.

([1]) STEENROD, *Annals of Math.*, 48, 1947, p. 290-320.

THÉORÈME 1. — *Si l'on définit des applications bilinéaires r_i de $C \times C$ dans C' par la formule*

$$(3) \qquad r_i(x \otimes x', y \otimes y') = (-1)^{m'n} \sum_j p_{2j}(x, y) \otimes q_{i-2j}(x', y') + (-1)^{m'(n+n')+m'+n'} \sum_j p_{2j+1}(x, y) \otimes q_{i-2j-1}(y', x')$$

(où x et $y \in A$, x' et $y' \in B$, $m = \deg x$, $m' = \deg x'$, $n = \deg y$, $n' = \deg y'$), *alors* (C, C', r_i) *est un système de i-produits.*

3. Le théorème 1 a d'importantes conséquences. Bornons-nous, pour simplifier, au cas des *espaces compacts*. Soit, sur un tel espace $\mathcal{E}$, une carapace ([2]), c'est-à-dire un groupe abélien gradué A, muni d'un opérateur δ comme ci-dessus, et dont chaque élément x est affecté d'un *support* $\sigma(x)$ qui est une partie fermée de $\mathcal{E}$; on suppose vérifiées les conditions suivantes :

a. $\sigma(x)$ est vide si et seulement si $x = 0$;

b. le support d'une somme d'éléments homogènes est la réunion des supports de ces éléments;

c. $\sigma(x - y) \subset \sigma(x) \cup \sigma(y)$, $\sigma(\delta x) \subset \sigma(x)$.

Alors, pour chaque fermé $\mathcal{F} \subset \mathcal{E}$, soit $A_{\mathcal{F}}$ le quotient de A par le sous-groupe des $x \in A$ dont le support ne rencontre pas $\mathcal{F}$; $A_{\mathcal{F}}$ est un groupe gradué muni d'un opérateur noté encore δ. Considérons une autre carapace A', et supposons définies des applications bilinéaires p_i de $A \times A$ dans A' satisfaisant à (1) et (2), et telles que $\sigma[p_i(x, y)] \subset \sigma(x) \cap \sigma(y)$. Il s'ensuit que les p_i définissent, pour chaque fermé $\mathcal{F}$, un système de i-produits ($A_{\mathcal{F}}$, $A'_{\mathcal{F}}$, p_i).

Supposons que A satisfasse en outre aux deux conditions :

1° pour tout recouvrement fini de $\mathcal{E}$ par des ouverts U_k, existent des endomorphismes l_k du groupe A, conservant les degrés, et tels que

$$\sigma[l_k(x)] \subset U_k \cap \sigma(x), \qquad \sum_k l_k(x) = x;$$

2° si $\mathcal{F}$ est réduit à un point P, le groupe A_P ($= A_{\mathcal{F}}$) est tel que $H^m(A_P) = 0$ pour tout $m \neq 0$.

On sait ([2]) que le groupe de cohomologie H(A) s'identifie alors canoniquement au groupe de cohomologie de l'espace $\mathcal{E}$, relatif au *système local* de coefficients constitué par les groupes $H^0(A_P)$. De plus, le théorème 1 entraîne :

THÉORÈME 2. — *Si deux carapaces* A *et* A' *d'un espace compact* $\mathcal{E}$ *satisfont aux conditions* 1° *et* 2° *et sont munies d'un système de i-produits, les i-carrés* Sq_i

---

([2]) Pour la théorie des *faisceaux* et *carapaces*, voir les articles de J. Leray et de H. Cartan dans le fascicule du *Colloque de Topologie algébrique* de Paris 1947 (*Publications du C. N. R. S.*), ainsi que les notes miméographiées du cours de H. Cartan à l'Université Harvard (1948) et à l'École Normale Supérieure (1948-1949).

déduits de ces i-produits ne sont autres que les carrés de Steenrod relatifs à la cohomologie de l'espace $\mathcal{E}$.

4. *Application* : on pourrait, en huit lignes, expliquer comment le théorème 2 et la formule (3) conduisent, en *cohomologie modulo* 2, aux formules

(4) $$\mathrm{Sq}_i(\xi \otimes \eta) = \sum_{j+k=i} \mathrm{Sq}_j(\xi) \otimes \mathrm{Sq}_k(\eta)$$ (cohomologie d'un espace-produit),

(5) $$\mathrm{Sq}_i(\xi \cup \eta) = \sum_{j+k=i} \mathrm{Sq}_j(\xi) \cup \mathrm{Sq}_k(\eta)$$ ($\cup$ désigne le *cup product*).

Les formules (4) et (5) m'avaient été signalées par MM. Thom et Wu Wen-tsün comme vraisemblables; je dois à M. Wu d'avoir attiré mon attention sur l'intérêt qui s'attache à une théorie axiomatique des carrés de Steenrod.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Classes caractéristiques et i-carrés.* Note (*) de M. **René Thom**, présentée par M. Élie Cartan.

I. *Un lemme sur les espaces fibrés à fibre sphérique.* — Soit E un espace fibré par des sphères S^{k-1} de dimension $k-1$; la base est un complexe fini connexe K; à E on associera l'espace fibré A de même base K, dont la fibre est la k-boule B^k obtenue en rétractant la sphère S^{k-1} sur son centre; soit A', enfin, le complémentaire de E dans A, espace fibré par des k-boules ouvertes b^k.

A une subdivision Σ_0 de K en cellules Z_i correspond pour A' une subdivision Σ_1 en cellules de la forme $Z_i \times b^k$; désignons par C^p, H^p les groupes de cochaînes, respectivement de cohomologie pour la dimension p; si l'espace fibré E est *orientable* (¹), les coefficients seront pris dans un groupe fixe G (par exemple, les entiers); sinon, on fera appel, pour former les cohomologies dans K et dans A', à deux systèmes de coefficients *associés* G et G'.

L'opérateur g^* défini sur toute cochaîne $u_i \in C^i(K, G)$ par $g^* u_i(Z_i \times b^k) = u_i(Z_i)$ est un isomorphisme de $C^i(K, G)$ *sur* $C^{i+k}(A', G')$; g^* commute avec le cobord, et induit par suite un isomorphisme de $H^i(K, G)$ sur $H^{i+k}(A', G')$; soit φ^* cet isomorphisme, qui est indépendant de la décomposition simpliciale. La cohomologie dans A' ouvert est la cohomologie à supports compacts, canoniquement isomorphe à la cohomologie relative $H^i(A, E)$.

D'autre part, la rétraction de A sur sa section centrale K montre que l'homomorphisme canonique j de $H^i(K, G)$ sur $H^i(A, G)$ est un isomorphisme sûr.

(*) Séance du 23 janvier 1950.

(¹) H. Whitney, *Differentiable Manifolds* (*Michigan Lectures*, n° 13, p. 119).

Formons alors la *suite exacte* (S) :

$$\to H^{r-1}(E, G') \to \underset{\substack{\varphi^*\uparrow \\ H^{r-k}(K, G)}}{H^r(A', G')} \overset{\beta}{\to} \underset{\substack{j\uparrow \\ H^r(K, G')}}{H^r(A, G')} \overset{\gamma}{\to} H^r(E, G')$$

L'homomorphisme γj de $H^r(K)$ dans $H^r(E)$ est l'homomorphisme induit par l'application fibrée $E \to K$. Soit $U_k \in H^k(A', G')$ l'image par φ^* de l'élément unité de $H^0(K, G)$ (G, est ici, comme par la suite, le groupe des entiers). L'image $\overset{-1}{j}\beta U_k \in H^k(K)$ n'est autre que la *classe caractéristique fondamentale* W_k de E. Le cup-product étant défini sur H par la multiplication des entiers, l'isomorphisme φ^* jouit de la *propriété multiplicative* :

(1) $$\varphi^*(\overset{-1}{j} z \cup y) = z \cup \varphi^* y \qquad \text{pour} \quad z \in H(A),\ y \in H(K).$$

Faisant $y = 1$, on obtient

(2) $$\varphi^* z' = j z' \cup U_k \qquad \text{pour} \quad z' \in H(K),$$

d'où, en particulier,

(3) $$\varphi^* W_k = j W_k \cup U_k = U_k \cup U_k.$$

Cette formule généralise à un espace fibré de base quelconque un théorème démontré par Whitney sur les espaces de vecteurs normaux à une variété plongée (²).

Remarque sur les coefficients. — Le système G' associé au groupe G des entiers est le système local dit des *entiers tordus;* les formules de la suite (S) sont encore valables en y permutant G et G'. Les deux membres de la formule (3) sont toujours des classes entières.

II. *Cas d'un espace fibré produit.* — Si l'espace fibré A est isomorphe au produit $K \times B^k$, on a la formule

(4) $$Sq^i \varphi^* = \varphi^* Sq^i \qquad \text{[Notation nouvelle de (³)]},$$

qui est une généralisation immédiate d'une formule de Steenrod (⁴).

III. *La formule fondamentale.* — Les classes caractéristiques W_r de Stiefel-Whitney de E vérifient les relations

(5) $$Sq^r U_k = \varphi^* W_r \qquad (r = 0, 1, \ldots, k).$$

La valeur de r étant fixée, il suffira de démontrer (5) sur le $k+r$ squelette de Σ_1, c'est-à-dire sur l'espace A'^k_r, restriction de A' au squelette K^r; dans cet espace A'^k_r on peut définir un champ de $k-r$ vecteurs indépendants; soit dans la fibre B^k (prise ici comme boule euclidienne), la r-boule B^r orthogonale

(²) WHITNEY, *op. cit.*, p. 129 (formule 18.2).
(³) STEENROD, *Annals of Math.*, oct. 1949, p. 954, n° 14.
(⁴) STEENROD, *Annals of Math.*, 48, Th. 25.1, p. 316.

au champ. B^r définit au-dessus de K^r un espace fibré A'^r_r; désignons par φ^*_k, φ^*_r, φ^*_{rk} les isomorphismes φ^* relatifs aux espaces A'^k_r, A'^r_r et à l'espace fibré relatif $A'^k_r : A'^r_r$. On vérifie aisément les propriétés suivantes :

1° La classe caractéristique W_r de A'^r_r (éventuellement réduite modulo 2) est la classe W_r de A'^k_r, donc de E.

2° Les isomorphismes φ^* vérifient la relation de transitivité $\varphi^*_k = \varphi^*_{rk} \circ \varphi^*_r$;

3° L'espace fibré relatif $A'^k_r : A'^r_r$ est un produit.

Posons $U_r = \varphi^*_r(1)$; la formule (3) du lemme donne

$$\varphi^*_r W_r = U_r \cup U_r = Sq^r U_r$$

et, d'après (4) et la propriété 2° :

$$\varphi^*_k W_r = Sq^r(\varphi^*_{rk} U_r) = Sq^r U_k,$$

ce qui donne bien (5).

Remarque. — On notera que W_r, comme Sq^r pour r pair, ne sont définies que modulo 2; pour r impair, $\varphi^* W_r$ et Sq^r sont des classes entières d'ordre 2. La formule de Whitney $W_{2k+1} = 1/2\,\delta\omega W_{2k}$ ([5]) est la transcription du théorème 12.2 ([6]) de Steenrod.

INTÉGRATION NUMÉRIQUE. — *Sur la méthode d'intégration approchée de Tchebychef.* Note (*) de M. **Marcel Mayot**, présentée par M. Joseph Pérès.

La méthode de Tchebychef consiste à calculer la valeur approchée d'une intégrale définie par la formule

$$(1) \qquad I = \int_{-1}^{+1} f(x)\,dx = H\,[f(x_1) + f(x_2) + \ldots + f(x_n)].$$

Dans cette formule, on impose *a priori* un poids égal à chacune des valeurs de la fonction $f(x_i)$ choisies dans l'intervalle $(-1, +1)$.

On détermine les $(n+1)$ constantes

$$H, \quad x_1, \quad x_2, \quad \ldots, \quad x_n,$$

en imposant à la formule (1) d'être vérifiée exactement si $f(x)$ est un polynome de degré n; on obtient ainsi

$$H = \frac{2}{n}$$

et les valeurs $z_i = x_i^2$ sont racines d'une équation

$$(2) \qquad F(z) \equiv z^m + a_1 z^{m-1} a_2 z^{m-2} + \ldots + a_m = 0,$$

---

(5) Whitney, *op. cit.*, Th. 14, p. 123.

(6) Steenrod, *Annals of Math.*, 48, Th. 12.2, p. 306.

(*) Séance du 23 janvier 1950.

dont les coefficients peuvent être calculés à partir des sommes des puissances semblables des racines

$$s_1=\frac{n}{6},\qquad s_2=\frac{n}{10},\qquad \ldots,\qquad s_k=\frac{n}{2(2k+1)}\ \ldots\ s_m=\frac{n}{2(2m+1)},$$

avec $n=2m$ ou $2m+1$ (dans ce dernier cas on ajoute l'abscisse $x_0=0$).

Le coefficient $a_k(n)$ est un polynome en n de degré k sans terme constant; on peut le calculer par récurrence à partir de l'identité symbolique

$$a'_1+a'_2u+\ldots+a'_m u^{m-1}\equiv-(1+a_1u+\ldots+a_m u^m)\left[\frac{1}{6}+\frac{u}{20}+\ldots+\frac{u^{p-1}}{2p(2p+1)}\cdots\right],$$

les dérivées étant prises par rapport à n, on trouve ainsi

$$a_1=-\frac{n}{6},\qquad a_2=\frac{n^2}{72}-\frac{n}{20},\qquad \ldots.$$

Les racines des équations $F(z)=0$ donnant les abscisses utiles pour l'intégration ont été calculées antérieurement jusqu'à $n=9$ (¹). Elles sont en parties imaginaires pour $n=8$ et 10 (²). J'ai calculé ces racines jusqu'à $n=21$ et constaté les faits suivants que je n'ai pu établir *a priori* : lorsque m croît de 5 à 10, l'équation $F(z)=0$ admet une seule racine réelle positive qui croît en se rapprochant de l'unité; lorsque m est pair, cette équation admet en plus une racine réelle négative qui croît en valeur absolue; toutes les autres racines sont complexes et de module inférieur à l'unité comme il se doit; voici les valeurs numériques pour quatre valeurs successives de n:

$n=10$; $m=5$.	$n=11$; $m=5$.
0,8507	0,8628
$0{,}3882\pm i.0{,}0874$	$0{,}4256\pm i.0{,}0629$
$0{,}0198\pm i.0{,}0728$	$0{,}0597\pm i.0{,}0542$
$n=12$; $m=6$.	$n=13$; $m=6$.
0,8763	0,8848
$-0{,}0466$	$-0{,}0141$
$0{,}4812\pm i.0{,}1021$	$0{,}5088\pm i.0{,}0859$
$0{,}1040\pm i.0{,}1301$	$0{,}1392\pm i.0{,}1112$

La méthode de Tchebychef ne paraît donc applicable pratiquement à l'intégration des fonctions réelles données numériquement que pour un nombre d'abscisses $n=2, 3, 4, 5, 6, 7, 9$.

Avec neuf ordonnées on obtient une précision équivalente au choix de cinq ordonnées seulement par la méthode de Gauss.

(¹) R. Radau, *Journal de Liouville*, 1880, p. 324.
(²) Ch. Jordan, *Calculus of Finite Differences*, p. 523.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Calcul de $\sqrt{2}$, et réflexion sur une espérance mathématique.* Note (*) de M. **René Coustal**, présentée par M. Émile Borel.

En vue de calculer la valeur numérique de $\sqrt{2}$ avec un grand nombre de décimales, je me suis servi de la série suivante

$$\sqrt{2}=a\left[1+x+\frac{1.3}{1.2}x^2+\frac{1.3.5}{1.2.3}x^3+\ldots+\frac{1.3.5\ldots(2n-1)}{1.2.3\ldots n}x^n+\ldots\right],$$

a est une valeur approchée de $\sqrt{2}$ et $x=1/2-a^2/4$.

J'ai pris pour a une valeur avec 333 chiffres exacts, calculée plusieurs années avant. La congruence $4x+a^2\equiv 2$ a été vérifiée pour une série de modules de la forme $10^n\pm 1$.

J'ai calculé les quatre premiers termes de la série, et vérifié toutes les opérations, également par des congruences de module $10^n\pm 1$.

Voici la valeur obtenue pour $\sqrt{2}$, en conservant 1032 décimales après la virgule. Tous ces chiffres sont exacts, la 1033e décimale est sûrement un zéro, la 1034e est probablement un 5.

$\sqrt{2}$ = 1,41421.35623 — 73095.04880 — 16887.24209 — 69807.85696
71875.37694 — 80731.76679 — 73799.07324 — 78462.10703
88503.87534 — 32764.15727 — 35013.84623 — 09122.97024
92483.60558 — 50737.21264 — 41214.97099 — 93583.14132
22665.92750 — 55927.55799 — 95050.11527 — 82060.57147

01095.59971 — 60597.02745 — 34596.86201 — 47285.17418
64088.91986 — 09552.32923 — 04843.08714 — 32145.08397
62603.62799 — 52514.07989 — 68725.33965 — 46331.80882
96406.20615 — 25835.23950 — 54745.75028 — 77599.61729
83557.52203 — 37531.85701 — 13543.74603 — 40849.88471

60386.89997 — 06990.04815 — 03054.40277 — 90316.45424
78230.68492 — 93691.86215 — 80578.46311 — 15966.68713
01301.56185 — 68987.23723 — 52885.09264 — 86124.94977
15421.83342 — 04285.68606 — 01468.24720 — 77143.58548
74155.65706 — 96776.53720 — 22648.54470 — 15858.80162

07584.74922 — 65722.60020 — 85584.46652 — 14583.98893
94437.09265 — 91800.31138 — 82464.68157 — 08263.01005
94858.70400 — 31864.80342 — 19489.72782 — 90641.04507
26368.81313 — 73985.52561 — 17322.04024 — 50912.27700
22694.11275 — 73627.28049 — 57381.08967 — 50401.83698

68368.45072 — 57993.64729 — 06076.29969 — 41380.47565
48237.28997 — 18032.68024 — 74420.62926 — 91248.59052
18100.44598 — 42150.59112 — 02494.41341 — 72853.14781
05803.60337 — 10773.09182 — 86931.47101 — 71111.68391
65817.26889 — 41975.87165 — 82152.12822 — 95184.88472

08969.46338 — 62891.56288 — 27659.52635 — 14........

(*) Séance du 23 janvier 1950.

Il m'a paru intéressant de noter les fréquences d'apparition des dix chiffres sur cette valeur de $\sqrt{2}$ et aussi sur la valeur de $1/\sqrt{2}$, moitié de la précédente. (1033 chiffres en comptant la partie entière).

Ces fréquences ont l'allure de ce que l'on pourrait attendre d'un nombre dont les décimales seraient tirées au hasard.

La simple division par 2 de $\sqrt{2}$ suffit à bouleverser la répartition des écarts par rapport à la moyenne.

Chiffres.	$\sqrt{2}$.	$\frac{1}{\sqrt{2}}$.
0	109	106
1	101	101
2	113	109
3	85	106
4	102	116
5	108	104
6	96	97
7	105	101
8	118	95
9	96	98
Total	1033	1033

Faisons une remarque curieuse au sujet du *produit des décimales* d'un nombre de ce genre : il est évidemment nul puisqu'il faut s'attendre à y trouver une centaine de zéros. La probabilité pour que ce produit ne soit pas nul serait $(9/10)^{1033}$ inférieure à 10^{-47} !

Cependant la *valeur probable* de ce produit est $(9/2)^{1033}$, supérieure à 10^{674} ! C'est l'*espérance mathématique* d'un joueur qui toucherait une somme égale au produit en question.

Aucun joueur ne consentirait à acheter cette espérance mathématique, non seulement à son prix énorme, mais même à un prix quelconque : *l'espérance morale* est nulle, car une probabilité de 10^{-47} ne peut pas être prise en considération. Si des milliards de joueurs tiraient des nombres de 1033 chiffres au hasard pendant des milliards d'années, il est *moralement certain* que les produits correspondants seraient tous nuls.

A noter que dans le cas où l'on gagnerait, c'est 5^{1033} en moyenne et non $(9/2)^{1033}$ que l'on gagnerait.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'aire comprise entre un arc de la courbe du mouvement brownien plan et sa corde.* Note de M. **Paul Lévy**, transmise par M. Émile Borel.

1. Dans un travail antérieur [1] j'ai étudié la loi de probabilité dont dépend l'aire S comprise entre un arc AB de la courbe C du mouvement brownien

[1] *Amer. Journ. of Math.*, **62**, 1940, p. 487-550.

et sa corde. D'autres auteurs se sont depuis occupés de cette courbe ([2]). Pourtant le théorème suivant semble nouveau : *si l'arc* AB *est l'arc* $0 \leqq t - t_0 \leqq \mathrm{T}$ *de la courbe* C, *la loi dont dépend* S *a pour fonction caractéristique* (f. c.) $1/\mathrm{ch}(\mathrm{T}z/2)$.

Nous pouvons supposer $t_0 = 0$, $\mathrm{T} = 2\pi$. Une formule de N. Wiener ([3]) permet de représenter paramétriquement l'arc AB par

$$(1) \qquad \mathrm{X}(t) + i\mathrm{Y}(t) = \frac{\xi' + i\eta'}{\sqrt{2\pi}}\, t + \sum_{1}^{\infty} \frac{(\xi_n + i\eta_n)(\cos nt - 1) + (\xi'_n + i\eta'_n)\sin nt}{n\sqrt{\pi}},$$

les lettres grecques représentant des variables laplaciennes réduites, toutes indépendantes les unes des autres. On en déduit

$$(2) \qquad \mathrm{S} = \sum_{1}^{\infty} \frac{\xi_n(\eta'_n - \eta'\sqrt{2}) - \eta_n(\xi'_n - \xi'\sqrt{2})}{n},$$

cette série étant, comme la série (1), presque sûrement convergente.

Soient $\omega(z, h)$, $\varphi(z)$, et $\Phi(z, \rho)$ la f. c. de $\xi(\eta - h)$, celle de S, et celle de S dans l'hypothèse $\xi'^2 + \eta'^2 = \rho^2$. On a

$$(3) \qquad \omega(z, h) = \mathrm{E}_\eta\{\mathrm{E}_\xi[e^{iz\xi(\eta-h)}]\} = \mathrm{E}_\eta\left\{\exp\left[-\frac{z^2(\eta - h)^2}{2}\right]\right\} = \frac{1}{\sqrt{1+z^2}}\exp\left[-\frac{h^2 z^2}{2(1+z^2)}\right];$$

$$(4) \qquad \Phi(z, \rho) = \prod_{1}^{\infty} \frac{n^2}{n^2 + z^2}\exp\left[-\rho^2 \sum_{1}^{\infty} \frac{z^2}{n^2+z^2}\right] = \frac{\pi z}{\mathrm{sh}\,\pi z}\exp\left[\frac{\rho^2}{2}\left(1 - \frac{\pi z\,\mathrm{ch}\,\pi z}{\mathrm{sh}\,\pi z}\right)\right];$$

et enfin

$$(5) \qquad \varphi(z) = \int_0^{\infty} \rho e^{-\frac{\rho^2}{2}}\,\Phi(z, \rho)\, d\rho = \frac{1}{\mathrm{ch}\,\pi z}. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Pour $\mathrm{T} = 2$ (au lieu de 2π), on aurait la f. c. $1/\mathrm{ch}\, z$, et, par (4), pour $\rho = 0$, la f. c. conditionnelle $z/\mathrm{sh}\, z$. Ces f. c. très simples ne semblent pas avoir encore été rencontrées. La fonction $z/(\alpha^2 z\,\mathrm{ch}\, z + \beta^2 \mathrm{sh}\, z)$, où $\alpha^2 + \beta^2 = 1$, étant de la forme $\Pi[1/(1 + z^2/\lambda_n^2)]$ est aussi une f. c.

2. Plus généralement, toute fonctionnelle U, entière et homogène du second degré en $\mathrm{X}(t)$ et $\mathrm{Y}(t)$ devient, par (1), une forme quadratique formée avec des variables normales indépendantes, elle-même décomposable en une somme de carrés orthogonaux $\Sigma\xi_n^2/\lambda_n$. Sa f. c. est donc de la forme $\Pi(1 - iz/\lambda_n)^{-1/2}$. Si elle est paire, elle est de la forme $\Pi(1 + z^2/\lambda_n^2)^{-1/2}$. Si de plus U est (comme S) la somme de deux termes indépendants ayant la même loi, la f. c. de U est de

([2]) *Voir* notamment dans R. Fortet (*Ann. Inst. H. Poincaré*, 11, 1949, p. 175-225), un exposé des travaux antérieurs de Cameron et Martin, et de P. Erdös et M. Kac.

([3]) *Bull. Soc. Math. de France*, 52, 1924, p. 569-578. *Voir* aussi le n° 37 du livre de Paley et Wiener (*Fourier transforms...*, 1934).

la forme $\Pi\, 1/(1+z^2/\lambda_n^2)$. Toutes ces lois sont indéfiniment divisibles. Leurs f. c. peuvent être mises sous la forme canonique. Ainsi

$$\log \frac{1}{\operatorname{ch} \pi z} = \int_0^\infty \frac{\cos zu - 1}{u \operatorname{sh} \frac{u}{2}}\, du, \qquad \log \frac{\pi z}{\operatorname{sh} \pi z} = \int_0^\infty \frac{2(\cos zu - 1)\, du}{u(e^u - 1)}.$$

Dans le cas de S, on déduit de (5) que $\lambda_n = n + 1/2\ (n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$, donc que sa décomposition en carré est de la forme

$$\sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{\xi_n^2 + \eta_n^2}{n + \frac{1}{2}},$$

ξ_n et η_n étant ici des combinaisons linéaires orthogonales des variables qui interviennent dans (2)

3. Je reviens ici sur la formule (2) de ma dernière Note ([4]), formule qui établit une relation entre une fonction réelle $\sigma(x)$, une fonction $f(t, x)$, définie pour $0 < x < t < T$, et une fonction $\gamma(t, x)$, définie pour x et t compris entre 0 et T, et telle que, pour toute fonction complexe $\varphi(u)$, on ait la condition de M. Loève

$$(6) \qquad \int_0^T 2\sigma^2(u)\,|\varphi(u)|^2\, du + \int_0^T \int_0^T \gamma(u, v)\, \varphi(u)\, \bar{\varphi}(v)\, du\, dv \geqq 0.$$

J'avais oublié de mentionner que, l'équation (2), n'étant valable que pour $x < t$, ne suffit pas à déterminer $\gamma(u, v)$ quand les deux autres fonctions sont connues. Il faut en outre utiliser la condition (6), ou du moins sa conséquence $\gamma(v, u) = \bar{\gamma}(u, v)$.

Indiquons enfin que l'équation intégrale considérée est liée au système d'équations qui, en axes obliques, lient les composantes covariantes et les composantes contrevariantes d'un vecteur. Nous reviendrons ultérieurement sur ces questions; il est nécessaire, pour une étude complète du programme posé, d'utiliser la théorie des distributions de L. Schwartz.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la quantification du champ métrique et les interactions particules-champs. II. Application aux champs magnétique et nucléaire.* Note (*) de M. **Antonio Gião**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous allons maintenant appliquer notre méthode de quantification ([1]) aux champs magnétique et nucléaire. En retranchant la gravitation proprement

([4]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1057.

(*) Séance du 9 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 278. Nous supposerons connus, dans ce qui suit, les résultats et notations de cette Note, qui sera désignée par l'abréviation I.

dite $-(1/2)\nabla g_{44}$ du champ dont dérivent les forces qui agissent sur les particules neutres, on obtient le champ nucléaire N_{ik} dont l'expression, d'après notre théorie unitaire ([2]), est la suivante

$$N_{ik} = \frac{\partial \gamma_{4i}}{\partial x^k} - \frac{\partial \gamma_{4k}}{\partial x^i} - \left(\delta_{4i}\frac{\partial \gamma_{44}}{\partial x^k} - \delta_{4k}\frac{\partial \gamma_{44}}{\partial x^i}\right), \tag{1}$$

avec $\gamma_{44} = \langle g_{44}\rangle/2$ et $\gamma_{4j} = \langle g_{4j}\rangle (j = 1, 2, 3)$. D'autre part, conformément à (I, 7, 8), le champ magnétique est donné par

$$H_i = \frac{(m_0)_e c^2}{e\chi_0\sqrt{-1}}\left(\frac{\partial\langle \omega_{4k}\rangle}{\partial x^j} - \frac{\partial\langle \omega_{4j}\rangle}{\partial x^k}\right), \tag{2}$$

[i, j, k permutation circulaire de (1), (2), (3)]. Nous devons donc quantifier g_{4j} et ω_{4j}. Soient $\vec{\sigma}_{lm}$ le vecteur spin de la particule dans l'état quantique (l, m); $\vec{g}_4$ et $\vec{\omega}_4$ les vecteurs d'espace de composantes g_{4j}, ω_{4j}. Considérons les équations (I, 3) dont nous cherchons maintenant des solutions de la forme

$$\left\{\begin{array}{l} (\vec{g}_4)_{lm} = a_g\,\vec{\sigma}_{lm} \times \nabla\varphi_l^{(g)}(r) + \vec{b}_{lm}^{(g)} f_l^{(g)}(r), \\ (\vec{\omega}_4)_{lm} = a_\omega\vec{\sigma}_{lm} \times \nabla\varphi_l^{(\omega)}(r) + \vec{b}_{lm}^{(\omega)} f_l^{(\omega)}(r), \end{array}\right. \tag{3 a, b}$$

a_g et a_ω étant des constantes. On obtient les fonctions

$$\left\{\begin{array}{l} (\vec{g}_4)_{lm} = a_g\vec{\sigma}_{lm} \times \nabla\left(\frac{e^{-\xi_l r}}{r}\right) + \vec{b}_{lm}^{(g)}\left(\frac{e^{-\xi_l r}}{r}\right), \\ (\vec{\omega}_4)_{lm} = a_\omega\vec{\sigma}_{lm} \times \nabla\left(\frac{e^{-\eta_l r}}{r}\right) + \vec{b}_{lm}^{(\omega)}\left(\frac{e^{-\eta_l r}}{r}\right), \end{array}\right. \tag{4 a, b}$$

avec

$$\xi_l^2 = \frac{4\pi K}{c^2}T^{l_l} - \lambda_g; \qquad \eta_l^2 = \chi_0\left(\frac{4\pi K_\omega}{c^2}U^{l_l} - \lambda_\omega\right). \tag{5 a, b}$$

Pour calculer les moyennes quantiques $\langle\vec{g}_4\rangle$ et $\langle\vec{\omega}_4\rangle$, remarquons d'abord que toutes les orientations du vecteur spin de la particule isolée ayant évidemment la même probabilité, on a nécessairement $\sum_m c_{1m}^2\vec{\sigma}_{1m} = \sum_m c_{2m}^2\vec{\sigma}_{2m} = 0$. En tenant compte des conditions fondamentales : 1° $\langle\vec{g}_4\rangle \to 0$ et $\langle\vec{\omega}_4\rangle \to 0$ pour $r \to \infty$; 2° $\langle\vec{g}_4\rangle$ et $\langle\vec{\omega}_4\rangle$ finis pour $r \to 0$, on trouve donc

$$\langle\vec{g}_4\rangle = \vec{B}_g\left(\frac{e^{-\xi_1 r} - e^{-\xi_2 r}}{r}\right); \qquad \langle\vec{\omega}_4\rangle = \vec{B}_\omega\left(\frac{e^{-\eta_1 r} - e^{-\eta_2 r}}{r}\right), \tag{6 a, b}$$

où les coefficients sont donnés par

$$\vec{B}_g \equiv \sum_m c_{1m}^2\vec{b}_{1m}^{(g)} = -\sum_m c_{2m}^2\vec{b}_{2m}^{(g)}; \qquad \vec{B}_\omega \equiv \sum_m c_{1m}^2\vec{b}_{1m}^{(\omega)} = -\sum_m c_{2m}^2\vec{b}_{2m}^{(\omega)}. \tag{7 a, b}$$

([2]) Pour la bibliographie, *voir* I.

1. Considérons la densité maxwellienne w_{ik} d'énergie-impulsion du champ nucléaire

(8) $$w_{ik} = \frac{1}{4\pi}\left(\frac{(m_0)_e c^2}{e}\right)^2\left[\frac{1}{4} g_{ik} N_{\mu\nu} N^{\mu\nu} - N_{i\mu} N_k^{\mu}\right].$$

En partant de $(6a)$ on trouve, par un calcul facile, l'expression suivante pour l'énergie $W_0 \equiv \int w_{44}\, d\tau$ du champ nucléaire d'une particule dans le cas statique

(9) $$W_0 = \left[\frac{2}{3}\left(\frac{(m_0)_e c^2}{e}\right)^2 \left|\vec{B}_g\right|^2\right] \frac{(\xi_1 - \xi_2)^2}{4(\xi_1 + \xi_2)}.$$

On voit donc, conformément aux résultats de M. de Broglie, que le champ nucléaire traduit l'existence de deux particules (mésons) de masses propres $m_i = (h\xi_i/2\pi c)$ différentes.

2. En calculant de même par $(6b)$ et par l'expression (I, 9) du potentiel scalaire l'énergie $W_0 \equiv \frac{1}{8\pi}\int (E^2 + H^2)\, d\tau$ du champ électromagnétique d'une particule, on trouve dans le cas statique

(10) $$W_0 = \left\{\frac{2}{3}\left(\frac{(m_0)_e c^2}{e\chi_0}\right)^2 \left(\frac{3\mu_\omega^2}{8} + \left|\vec{B}_\omega\right|^2\right)\right\} \frac{\eta_2}{4},$$

par suite de la condition $\eta_1 \simeq 0$, caractéristique du champ électromagnétique. Les formules (9) et (10) ont la même forme que les formules correspondantes de la théorie de M. de Broglie.

3. Le moment magnétique dipolaire $\langle \vec{M}_{magn} \rangle_{dip}$ qui correspond au champ magnétique dû au potentiel vecteur $(6b)$ est évidemment nul. Par contre, la moyenne quantique $\langle |\vec{M}_{magn}| \rangle_{dip}$ du module du moment magnétique dipolaire n'est pas nulle. En effet, du champ magnétique de la particule dans l'état quantique (l, m) on déduit

(11) $$\overline{\langle |\vec{M}_{magn}| \rangle}_{dip} = \frac{(m_0)_e c^2}{e\chi_0} |a_\omega| \sum_l \sum_m c_{lm}^2 \left|\vec{\sigma}_{lm}\right|,$$

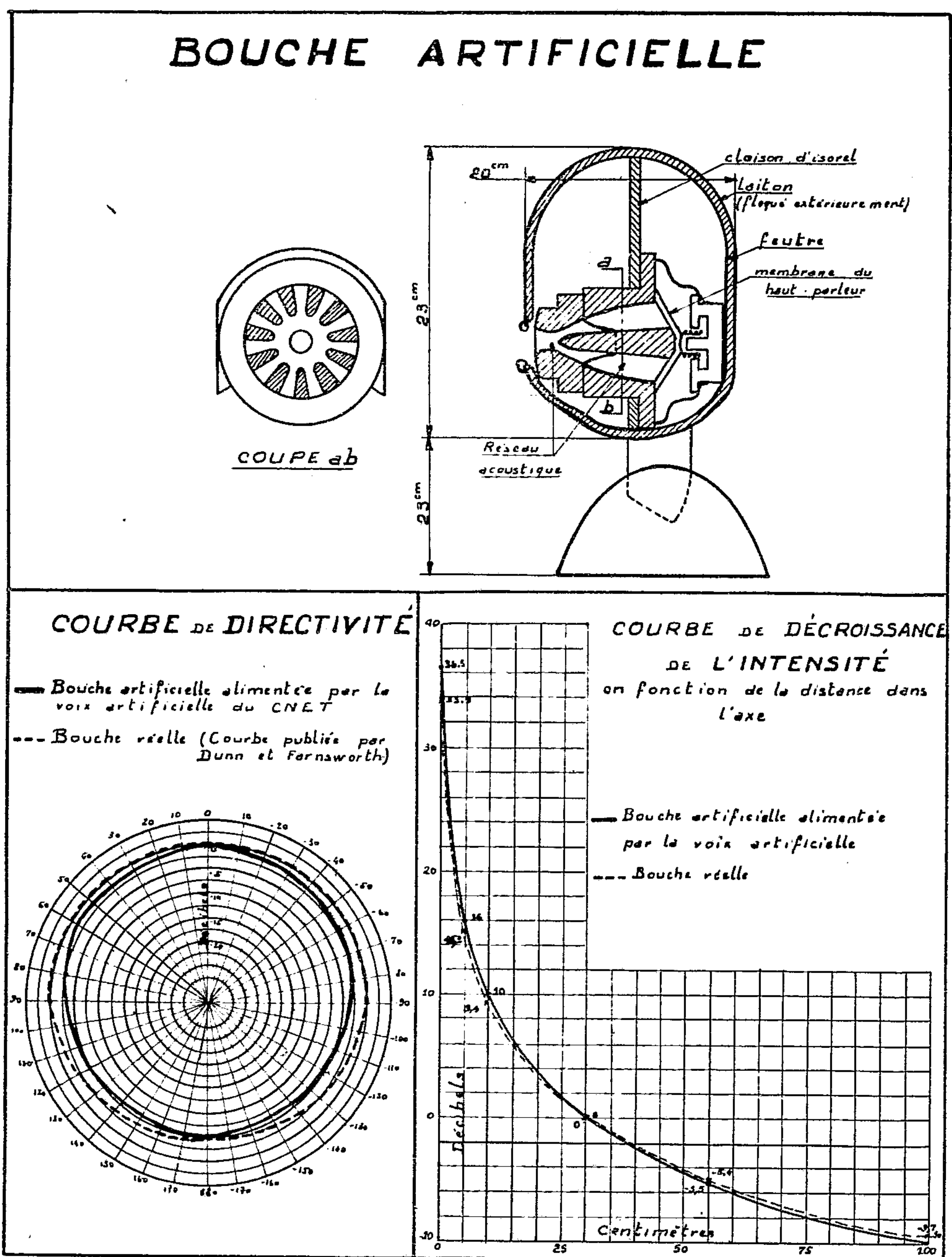
quantité essentiellement positive.

ACOUSTIQUE. — *Une bouche artificielle pour les essais acoustiques.* Note (*) de M. **Pierre Chavasse**, présentée par M. Camille Gutton.

Les essais que l'on fait sur les appareils électro-acoustiques de télécommunications tendent à vérifier leurs propriétés (courbes de réponse ou équivalents de transmission téléphonométriques) dans des conditions correspondant à

(*) Séance du 2 janvier 1950.

leurs conditions d'emploi qui sont un caractère essentiellement subjectif, tout en donnant aux résultats un caractère objectif. C'est dans cet esprit qu'a été



réalisée une voix artificielle ([1]) permettant de remplacer les voix naturelles

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1620.

très variables, dont la moyenne seule a un caractère statistique défini. Pour l'essai des microphones, cette voix doit être émise par un système présentant les mêmes caractéristiques de rayonnement et de directivité que la bouche moyenne et qui est inclus dans une *tête artificielle*. Ce système est appelé *bouche artificielle*.

Le modèle que nous en avons réalisé au Centre d'Études des Télécommunications comprend un haut-parleur commercial électrodynamique à aimant permanent avec membrane de 11^{cm}, combinée avec un réseau acoustique de canaux disposés devant elle. La cavité située entre la membrane et l'extrémité des canaux forme chambre de compression. Les canaux atténuent les résonances du haut-parleur, réduisent les effets tourbillonnaires et *concentrent* le champ acoustique vers la bouche artificielle. L'ouverture centrale du diaphragme est obturée par une toile vernie en forme de calotte sphérique donnant le maximum de rigidité sous un faible poids. La partie terminale et la pièce centrale qui font partie du dispositif des canaux ont été étudiées sous le rapport du champ acoustique rayonné. Ce dispositif impose en quelque sorte sa caractéristique, ce qui rend le système plus indépendant des propriétés du haut-parleur et permet le remplacement de ce dernier.

L'amplificateur associé au haut-parleur corrige sa courbe de réponse au moyen d'une contre-réaction avec réseau complexe spécialement étudié. Les figures 1 et 2 (coupes transversales et longitudinales) donnent une vue de la tête artificielle. Les figures 3 et 4 démontrent la variation des champs acoustiques suivant l'axe de la bouche naturelle (trait plein) et de la bouche artificielle (pointillé), ainsi que leurs distributions autour de la tête (dans les cas de l'alimentation par la voix artificielle). De très bons résultats ont été obtenus pour les mesures téléphonométriques par comparaison avec les valeurs moyennes recueillies par un certain nombre d'opérateurs.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur la distribution spectrale énergétique des fluctuations de tension à la sortie d'un récepteur de bruits radioélectriques*. Note (*) de MM. **Jean Mosnier** et **Jean-Louis Steinberg**, présentée par M. Jean Cabannes.

Considérons un récepteur de radio suivi d'un détecteur quelconque et appliquons à l'entrée une tension de fluctuation, par exemple, celle que l'on trouve aux bornes d'une résistance placée à la température T.

On sait, depuis les travaux de nombreux auteurs (1), (2), (3), calculer le

(*) Séance du 23 janvier 1950.
(1) S. O. Rice, *Bell. Syst. Techn. Jl*,, 23, 1944, p. 282 et 24, 1945, p. 46.
(2) W. R. Benett, *Bell. Syst. Techn., Jl.*, 23, 1944, p. 97.
(3) J. R. Ragazzini, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 30, 1942, p. 277.

spectre d'énergie : $W(f)$ des fluctuations à la sortie d'un détecteur. Notamment dans le cas des détecteurs dits *linéaires* et quadratiques, qui sont les plus fréquemment utilisés, le spectre d'énergie affecte la forme d'un triangle qui, à une constante multiplicative près, se représente par

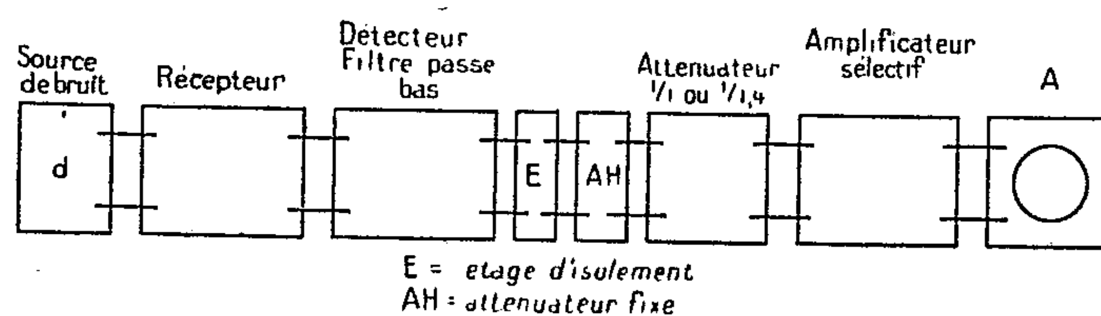
$$W(f) = \left(1 - \frac{f}{\Delta f}\right),$$

où Δf est la largeur de bande du récepteur considéré. Cette formule n'est rigoureuse que dans le cas du détecteur quadratique, mais Fräntz ([4]) a montré que le spectre du détecteur linéaire ne diffère que peu du spectre indiqué ci-dessus.

D'autre part, Dicke ([5]) a constaté le premier, au voisinage des fréquences les plus basses, la présence d'un spectre anormal. Il donna le nom de *bruit dû aux fluctuations du gain* à ces fluctuations anormales dont l'amplitude est d'autant plus grande que la fréquence est plus proche du zéro.

Nous avons entrepris diverses expériences pour étudier ces fluctuations anormales.

Le dispositif utilisé était celui indiqué par la figure 1. La source de bruit utilisée est une diode anglaise spéciale CV 172 débitant, à saturation, dans une résistance de 50 Ω. L'amplificateur sélectif, construit au laboratoire ([8]), est doté d'une bande passante très faible et est accordable sur une fréquence quelconque entre 3 et 1000 Hz. Le détecteur D_2 est utilisé à niveau constant.



Dans une première mesure, la diode de bruit ne débitant pas, on note la déviation de l'appareil de mesure A; dans une deuxième mesure, en diminuant l'amplification de tension 1,4 fois au moyen de l'atténuateur, on ajuste le débit de la diode *d* pour obtenir la même indication en A. On reconnaît la méthode classique de mesure des facteurs de bruit ([6]), ([7]).

L'ensemble des appareils était alimenté à partir du secteur avec des tensions stables à 2/1000 près, au moyen d'alimentations stabilisées spéciales, qui ont été contrôlées par enregistrement continu.

([4]) *Hochfr. und Elektr.*, juin 1941.
([5]) *Rev. of Scient. Instr.*, 17, 1946, p. 268.
([6]) H. T. Friis, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 32, 1945, p. 419.
([7]) H. Goldberg, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 36, 1948, p. 1205.
([8]) J. Mosnier, Diplôme d'Études Supérieures, Paris, 1949.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Contrairement à ce qu'indique rapidement Dicke, le spectre anormal se distingue encore du spectre normal à 500 Hz (Dicke indique 25 Hz);

2° La forme de ce spectre est insensible, à une affinité près, à la caractéristique du détecteur D_2 (linéaire ou quadratique).

3° La forme du spectre anormal ne varie pas quand le facteur de bruit du récepteur varie. On a étudié un amplificateur à faible bruit (*cascode* accordé à 27 MHz, bande passante 1,5 MHz) de facteur de bruit 1,5 porté à 2 et plus, en désaccordant le circuit d'entrée et un récepteur à 158 MHz, déjà décrit par ailleurs ([9]), et possédant un facteur de bruit de 2,5 à 530 Hz.

Étant données les conditions d'expérience, qui permettent de mettre en évidence toute différence entre le spectre du bruit propre du récepteur et le spectre uniforme des fluctuations du courant d'une diode saturée, quelles que soient les caractéristiques du détecteur D_1, il semble que l'on puisse tirer les conclusions suivantes :

1° Il existe effectivement, dans le récepteur lui-même, une source de fluctuations jusqu'ici passée inaperçue et qui paraît devoir être recherchée dans les lampes elles-mêmes;

2° Le spectre de ces fluctuations est d'allure hyperbolique et l'amplitude n'en devient négligeable par rapport aux fluctuations normales que vers 500 Hz;

3° L'élimination de ces fluctuations parasites, au moyen d'un système de commutation périodique à fréquence audible comme l'a proposé Dicke, doit être faite à plus de 500 Hz pour donner le résultat optimum.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la désintégration du* ^{14}C.
Note (*) de M. **Robert Bouchez**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. La désintégration du ^{14}C possède une période très longue : (5720 ± 47) ans ([1]) et l'énergie maximum de son spectre β est égale à (155 ± 1) keV ([2]); il en résulte que la valeur du produit $F.T \simeq 10^9$, déterminée d'après la méthode de classification des transitions de Konopinski ([3]), correspond à une transition interdite du second ordre. D'autre part, la valeur du moment angulaire total J du ^{14}C a été récemment obtenue par F. A. Jenkins ([4]) égale à zéro;

([9]) J.-L. Steinberg et S. Zisler, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 811.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) A. G. Engelkemeir, W. H. Hamill, M. G. Inghram et Libby, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1825.

([2]) L. Feldmann et C. S. Wu, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1286.

([3]) *Rev. Modern Physics*, 15, n° 4, 1943, p. 209 et suiv.

([4]) *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 639.

comme on connaît ([5]) celui de $^{14}N(J=1)$, il en résulte que la transition $^{14}C \rightarrow {}^{14}N$ s'accompagne d'un changement de J d'une unité seulement.

Un tel changement $\Delta J = 1$ devrait correspondre à une transition permise si l'on admet entre nucléon et leptons l'interaction $\beta\vec{\sigma}$ de Gamow-Teller. Or il semble difficile d'abandonner cette interaction qui donne, seule, des résultats en accord avec l'expérience. L'écart entre les résultats expérimentaux et la théorie se trouve légèrement diminué si l'on suppose que la transition s'effectue avec changement de parité; mais dans ce cas l'opérateur d'interaction $\vec{\beta\alpha}$ effectue la transition et conduit à une période encore trop petite de l'ordre de cinquante ans; en outre les noyaux ^{14}C et ^{14}N appartiennent à la série $4n+2$ et doivent posséder, en première approximation, la même parité.

Sur la base des règles de sélection actuelles de la désintégration β le nuclide ^{14}C se comporte donc d'une façon nettement anormale.

2. Cette importante difficulté se trouve résolue par les hypothèses suivantes :

a. On suppose, d'après le modèle quasi atomique de la structure du noyau ([6]), que les isobares $^{14}_{6}C$ et $^{14}_{7}N$ sont constitués par deux nucléons commençant une sous-couche $2p:(2p)^2$; les douze autres nucléons forment la configuration complètement saturée $(2p)^8\ (1s)^4$ ayant la symétrie sphérique $L=0$.

b. En première approximation on néglige les corrections de relativité et les couplages non centraux autres que l'interaction spin-orbite; dans cette hypothèse on peut attribuer à ^{14}C et ^{14}N un nombre quantique de moment orbital L bien défini, $^{14}_{6}C$ occuperait un état $^1S_0$, ^{14}N se trouverait en première approximation dans un état $^3D_1$, la proportion d'états $^3S_1$ étant très faible.

3. On a effectué ([7]) le calcul des probabilités correspondant aux transitions $^1S_0 \rightarrow {}^3D_1$ et $S_0 \rightarrow {}^3S_1$ sur la base de la théorie générale de la désintégration β: les termes principaux donnant la probabilité de transition $^1S_0 \rightarrow {}^3D_1$ correspondent à l'interaction $\vec{\beta\alpha}$ et sont de la forme $\left|\beta\vec{\alpha}\wedge\vec{r}\right|^2 (\alpha z/2)^2 P_1$: P_1 a la valeur donnée pour les transitions permises par la formule de Fermi, et l'ordre de grandeur de l'élément de matrice nucléaire $\left|\beta\vec{\alpha}\wedge\vec{r}\right|^2$ est $\varepsilon_0^2.R^2$. La valeur de la période ainsi calculée est de l'ordre de 8.10^{11} secondes alors que l'expérience donne environ 2.10^{11} secondes. En outre la probabilité de la transition $^1S_0$ est environ 10^6 fois plus grande que celle de la transition $^1S_0 \rightarrow {}^3D_1$ une très faible

---

([5]) P. KUSCH, S. MELLMANN et H. RABI, *Phy. Rev.*, 55, 1939, p. 1176.

([6]) *Voir* en particulier H. A. BETHE et R. F. BACHER, *Rev. Mod. Phys.*, p. 8-82; L. ROSENFELD, *Nuclear Forces*, 1948; E. FEENBERG, K. L. HAMMACK et L. W. NORDHEIM, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1968.

([7]) Pour les notations, *voir* R. BOUCHEZ, S. R. DE GROOT, R. NATAF et H. A. TOLHOEK, *J. Phys. Rad.* (sous presse).

proportion d'états $^3S_1$ permettrait d'expliquer la légère différence entre les valeurs expérimentale et théorique de la période

On remarque enfin que les termes principaux considérés ci-dessus conduisent à une *forme de spectre permise*. L'analyse expérimentale du spectre effectuée par C. S. Cook, L. M. Langer et H. C. Price (8) donne sensiblement une forme permise avec toutefois de légers écarts pouvant provenir soit de termes secondaires environ 100 fois plus faibles tels que $\left|\beta\vec{\sigma}\right|^2(\alpha z/2)^2p^2R^2P_1$ que nous avons négligés dans nos calculs précédents soit d'un *effet d'épaisseur* de la source. De plus les récents résultats expérimentaux de L. Feldman et C. S. Wu (2) indiquent nettement une forme permise du spectre β jusqu'à des énergies aussi faibles que 25 keV.

4. Les calculs effectués, compatibles avec nos hypothèses sur la structure nucléaire et les interactions entre nucléons, permettent d'expliquer et la forme permise du spectre β du ^{14}C et sa période anormalement longue (interdiction du 2e ordre) qui se trouve liée à la grande différence $\Delta L = 2$ des nombres quantiques de moment orbital entre ^{14}C et ^{14}N. L'ordre d'interdiction se trouve ainsi donné par ΔL.

Cette remarque est générale comme l'indique d'ailleurs R. Nataf (*Comptes rendus*, 230, 1950, Note à paraître) : on obtient ainsi pour les processus de désintégration β des règles de sélection plus précises que celles de Konopinski ou de Gamow-Teller, mais elles nécessitent aussi une connaissance plus détaillée de la structure du noyau.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Inactivité chimique du permanganate de potassium adsorbé.* Note (*) de M. **Albert Tian**, présentée par M. Louis Hackspill.

On constate souvent une plus grande réactivité chez les corps adsorbés que celle présentée par les mêmes corps à l'état ordinaire. C'est ainsi que beaucoup de réactions entre gaz ne se manifestent qu'en présence d'un métal qui les adsorbe. Il est donc encore plus curieux de constater combien, à cet état, se trouvent diminuées, presque annulées, les propriétés d'une substance telle que le permanganate de potassium, qui est pourtant un des agents chimiques les plus actifs.

En effet si l'on fait naître un précipité de SO_4Ba au sein d'une solution de ce sel, on obtient un précipité dont la teinte varie avec la concentration de la solution permanganique : en solution concentrée (N/2) on a une poudre couleur cyclamen, qui est seulement rougeâtre pour une solution plus

(8) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 548.

(*) Séance du 23 janvier 1950.

étendue (N/20); en milieu plus dilué (N/200) le précipité est rose clair. Tous ces précipités ne sont pas modifiés par les corps qui réduisent ordinairement les permanganates de manière énergique, tels que les acides sulfureux, sulfhydrique, iodhydrique, les sels ferreux et stanneux, les acides concentrés et chauds chlorhydrique et oxalique. Même les réducteurs les plus puissants, hydrosulfites et acide hypophosphoreux, sont sans action. Cette inactivité chimique se constate après un contact assez prolongé. Toutefois si l'action du réducteur se poursuit en liquide aqueux pendant plusieurs jours, la teinte du précipité semble faiblir. Sans mettre en cause l'inertie chimique du corps adsorbé, on doit expliquer ce lent affaiblissement par celui que provoque l'eau pure qui, par suite de la réversibilité de l'adsorption, arrive à libérer peu à peu, mais très lentement, le permanganate. On peut constater, en effet, lorsqu'on traite par l'eau (surtout chaude) un précipité très coloré, que le liquide filtré est appréciablement rose.

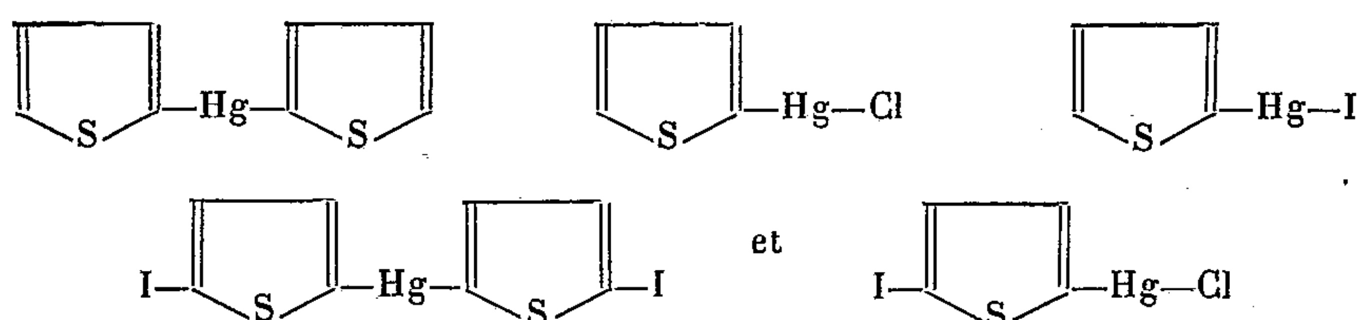
La stabilité de ces poudres barytiques se manifeste encore si on les expose au Soleil ou si on les chauffe pendant des semaines à 70°. Il en est de même si ces traitements sont réalisés en présence d'huile de lin. On dispose donc ainsi de nouveaux pigments minéraux intéressants par leurs teintes, peu communes parmi les substances minérales, et remarquables par une stabilité tout à fait inattendue.

Ces produits d'adsorption offrent de l'intérêt à un autre point de vue, celui de leur pouvoir oxydant. Lorsqu'on les humecte avec une quantité d'eau faible vis-à-vis de leur masse, par suite de la réversibilité de l'adsorption, on reproduit sensiblement la solution permanganique qui a été en équilibre avec le précipité au moment de sa formation et cela quelle que soit la grosseur des particules de l'adsorbant. En vertu de la loi de modération applicable à tous les équilibres, la teneur en permanganate se maintient à peu près constante si ce sel tend à être réduit, considération importante lorsque le liquide ne renferme que *très peu* de ce corps oxydant. On peut donc constituer des systèmes qui, ayant sous un pH donné, un rH fixe, possèdent une activité oxydante bien déterminée. Comme conséquence, le pouvoir antiseptique de chacune de ces poudres barytiques, appartenant au permanganate de potassium, doit être pratiquement constant et gradué suivant sa teinte.

PHYSICO-CHIMIE. — *Étude de la structure de quelques dérivés thiophénés du mercure.* Note de Mlle **Irène Kadomtzeff**, présentée par M. Paul Pascal.

Longtemps on a considéré les dérivés thiophénés du mercure comme des produits de pure curiosité, puis, une fois la technique de leur préparation mise au point, on s'est aperçu de leur intérêt en chimie biologique. Pourtant jusqu'à présent on ne les a jamais étudiés en chimie physique. C'est cette lacune que nous cherchons à combler en étudiant

les propriétés diélectriques et magnétiques des plus simples d'entre eux, savoir :



Ils ont été préparés par M. Bourland.

Nous n'avons pu mesurer les moments dipolaires que pour les dérivés symétriques car, seuls, ils étaient faiblement solubles dans le dioxane; leurs solubilités sont de l'ordre de 10^{-2} pour le dithiophène-mercure et de 10^{-3} pour le diiododithiophène-mercure. Nous avons effectué les mesures en solution à 30° par la méthode des battements hétérodynes. Nous avons également déduit les réfractions moléculaires par extrapolation des indices des solutions. Nous avons mesuré les susceptibilités magnétiques grâce à la balance de Pascal et calculé les valeurs de Hg d'après la règle d'additivité en tenant compte de l'effet de substitution sur le noyau du thiophène.

Voici les résultats obtenus :

	χ_M.	χ_{Hg}.	R_D.	P.	μ.
S —Hg— S ……	$128,4.10^{-6}$	$25,8.10^{-6}$	91	108	$(1,15 \pm 0,05)$D
I— S —Hg— S —I ……	208,5	15,6	137	351	$(3,21 \pm 0,1)$D
S —Hg—Cl …………	110,3	38,9	–	–	–
S —Hg—I …………	114,7	28,8	–	–	–
I— S —Hg—Cl …………	151,4	35,8	–	–	–

Calculons les moments des deux dérivés symétriques dans le cas suivant : le moment du thiophène est de 0,52 à 0,57, les angles de valence du mercure sont à 180°, les deux noyaux du thiophène sont dans le même plan. Prenons pour les angles du thiophène les valeurs données par Schomaker et Pauling [1],

[1] *J. Am. Chem. Soc.*, **61**, 1939, p. 1769.

à savoir



et supposons comme le font Keswani et Freiser [2], que les liaisons agissent selon les bissectrices des angles correspondants des noyaux. On trouve alors pour le moment du dithiophène-mercure 1,0 à 1,1 et 3,0 à 3,15 pour celui du diiododithiophène-mercure. On peut donc en conclure que l'effet d'induction des deux atomes d'iode est à peu près négligeable, grâce à leur éloignement.

L'effet de substitution en 2 et 5 sur le noyau du thiophène n'influe pas sensiblement sur son état de résonance comme l'avaient déjà noté Keswani et Freiser. La dépréciation magnétique observée serait donc plutôt due à un effet de compression par suite de la présence de radicaux plus lourds, comme on l'observe en général pour les dérivés alcoylmercuriques [3]. Les valeurs obtenues pour les deux dérivés monohalogénés s'expliquent de la même façon. Il n'y a donc pas d'interaction sensible des 2 halogènes dans (I–C₄H₂S–HgCl) car ils sont trop éloignés. La dépréciation due à la substitution de l'iode sur le noyau est du même ordre que pour le diiododithiophène-mercure. Par contre, l'effet est bien plus marqué pour l'iode directement rattaché au mercure à la place du chlore. Cela proviendrait sans doute de l'augmentation brusque de la masse du radical rattaché au mercure et aussi sans doute d'une variation de degré ionique de la liaison Hg-halogène que nous n'avons malheureusement pas pu évaluer, car ces produits étaient insolubles dans les solvants non polaires.

On peut donc conclure : 1° que la structure des dérivés mercuriques dithiophénés est analogue à celle du mercure-diphényle; 2° que l'effet de dépréciation magnétique est d'autant plus élevé que la substitution est plus proche du mercure. C'est donc l'état électronique du noyau de métal qui serait le plus affecté par elle.

ÉLECTROCHIMIE. — *L'oxydation anodique du ferro-chrome dans une solution de potasse.* Note de M. **Chu Yung-Chao**, présentée par M. Louis Hackspill.

Dans une Note précédente [1] nous avons étudié l'oxydation anodique du ferro-chrome dans une solution de soude et précisé, pour différentes densités de courant, la variation du rendement en fonction de la concentration en soude du bain. Nous en avons repris l'étude dans une solution de potasse avec le même dispositif que précédemment.

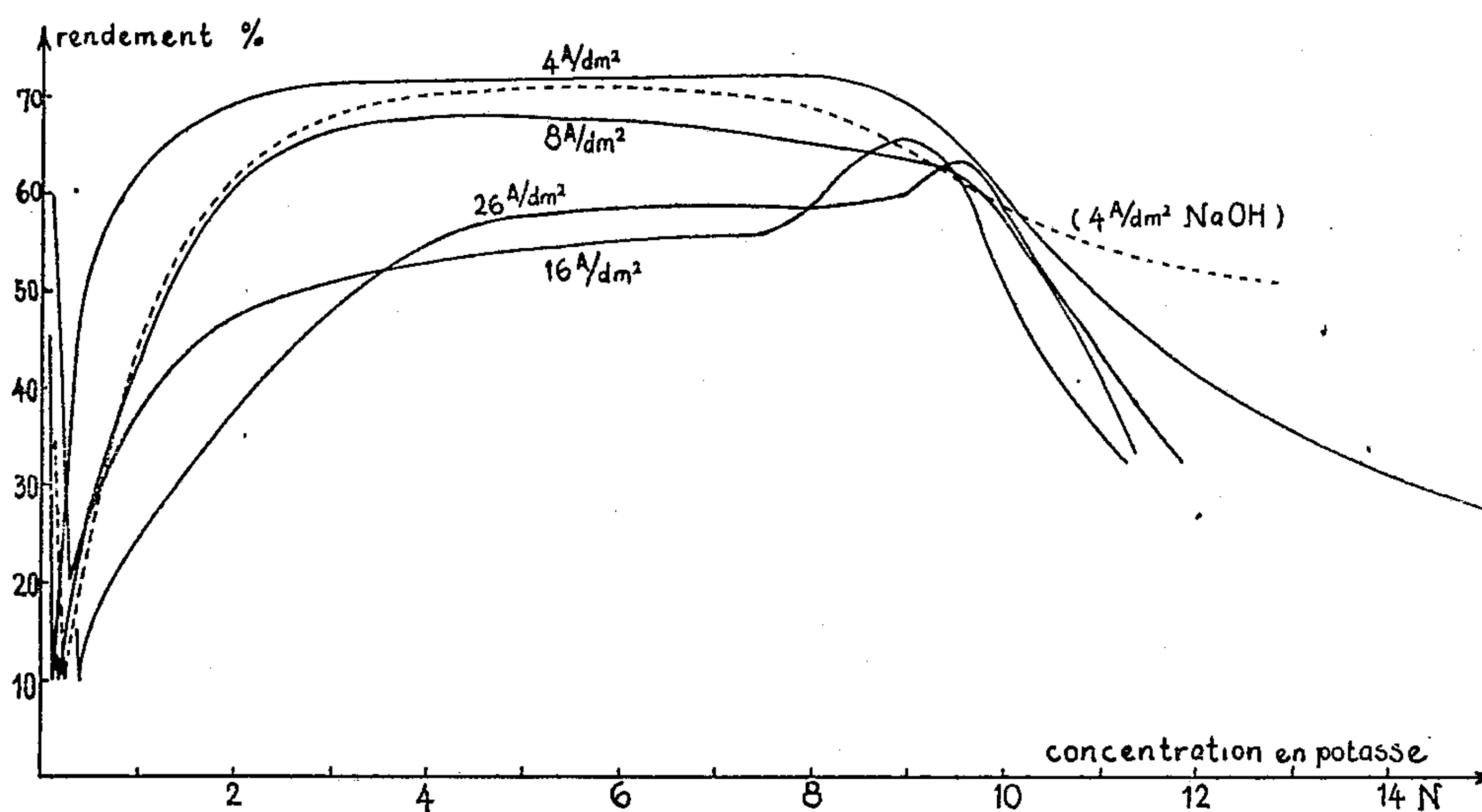
---

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 218.

(3) Pascal, *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 429; Grignard, II, p. 571.

(1) J. Besson et Chu Yung-Chao, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 207.

L'anode utilisée contient 66,5 % de Cr, 22,3 % de Fe et 11,2 % de C, ce qui correspond à un rendement théorique maximum de 72 % environ. La température est maintenue à 22°-24° C. La figure indique les courbes de rendement obtenues.



Leur aspect général est analogue à celui des courbes relatives à une solution de soude. En particulier on retrouve le minimum aigu déjà observé. On remarquera néanmoins les différences suivantes :

1° Dans des conditions analogues, le rendement est plus élevé dans la potasse que dans la soude, pour des concentrations comprises entre celle du minimum et 10 N environ (*voir* la courbe en traits interrompus pour la soude). La tension aux bornes est plus faible et l'énergie nécessaire peut s'abaisser au mieux, dans les conditions expérimentales utilisées, à 2 kWh par kilogramme de chromate de potassium formé.

2° Pour une faible densité de courant (4 A/dm²), le rendement atteint pratiquement son maximum théorique à partir d'une concentration en potasse égale à 2,5 N et reste presque constant jusqu'à 8 N. L'anode est alors recouverte, comme dans le cas de la soude, d'une pellicule d'oxyde de fer. Au delà, le rendement décroît beaucoup plus rapidement que dans la soude. Quand la concentration dépasse 10 N, la pellicule disparaît.

3° Pour de très fortes densités de courant (16-26 A/dm²), le rendement croît constamment jusqu'à 8 N environ, puis monte brusquement à un maximum vers 9-9,5 N, tandis que la pellicule d'oxyde devient de plus en plus mince. Ce n'est qu'après ce maximum que le rendement tombe brusquement ; la pellicule disparaît alors complètement.

4° Quelle que soit la densité de courant, la pellicule d'oxyde ferrique ne se

forme donc plus pour une concentration en potasse supérieure à 10 N. La solution, après filtration, est alors verte. Cette coloration disparaît au bout de quelques jours avec précipitation d'un peu d'hydroxyde ferrique colloïdal et laisse place à la coloration jaune normale du chromate. Elle est vraisemblablement due à la formation de ferrite de potassium ([2]). Il est possible que ce ferrite provienne de la réduction cathodique du ferrate qui se forme dans ces conditions. En outre le bain d'électrolyse dégage par dilution un volume considérable d'oxygène, tandis que le dégagement de ce gaz à l'anode reste très faible pendant l'électrolyse.

Tous ces phénomènes sont particuliers à la potasse. En solution concentrée de soude, en effet, la pellicule d'oxyde ferrique ne disparaît que pour une très forte densité de courant, 30 A/dm² par exemple; la solution reste jaune ou rougeâtre et ne dégage pas d'oxygène par dilution.

On peut interpréter ces résultats de la façon suivante : deux phénomènes contraires se produisent simultanément. D'une part la dissolution anodique de la pellicule à l'état de ferrate favorise l'oxydation anodique du ferro-chrome en chromate. D'autre part, en solution très concentrée, une partie de plus en plus considérable du courant est perdue par formation soit d'eau oxygénée, soit d'un excès de ferrate, décomposés par dilution ultérieure avec dégagement d'oxygène.

Signalons enfin que, contrairement aux résultats de Thompson ([3]), une augmentation de température produit, dans la potasse comme dans la soude, une augmentation notable du rendement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les arséniates mercuriques*. Note (*) de MM. **Henri Guérin** et **Robert Boulitrop**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons étendu au système $As_2O_5 — OHg — OH_2$ les recherches effectuées par l'un de nous sur d'autres arséniates. L'établissement du diagramme d'équilibre à 60° nous a permis de mettre en évidence les propriétés caractéristiques suivantes :

1° Les solutions obtenues ne contiennent que des quantités très faibles de mercure (de l'ordre de 10^{-2} % en Hg) et sont pratiquement définies par leur seule teneur en anhydride arsénique. Cette faible solubilité des arséniates de mercure dans l'acide arsénique explique l'extrême lenteur des réactions étudiées.

2° Deux sels ont été isolés : *l'orthoarséniate trimercurique* $As_2O_5.3OHg$ existant en présence des solutions titrant moins de 38,1 % d'anhydride arsé-

---

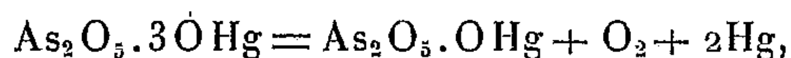
([2]) G. Grube et H. Gmelin, *Zeits. Elektrochem.*, 26, 1920, p. 459.
([3]) *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, 46, 1924, p. 51.

(*) Séance du 23 janvier 1950.

nique et le *métaarséniate monomercurique* $As_2O_5.OHg$, stable au contact de solutions plus acides. L'arséniate bimercurique ne semble pas devoir exister dans ces conditions.

Le premier de ces sels $(AsO_4)_2Hg_3$ se présente en microcristaux jaunes en forme d'aiguilles, agissant sur la lumière polarisée. Il est pratiquement insoluble dans l'eau, mais se dissout dans les solutions de chlorures alcalins en donnant toute une série de chloroarséniates complexes dont la couleur va du jaune au brun. Cette formation de sels doubles explique pourquoi il est impossible de préparer ce composé par double décomposition entre une solution d'arséniate alcalin et le chlorure mercurique. On peut, au contraire, l'obtenir en substituant à la solution de chlorure, une solution de nitrate. Lorsqu'on verse lentement la liqueur d'arséniate disodique dans la solution mercurique, en présence de germes provenant d'une opération antérieure, il précipite en cristaux chatoyants.

Ce sel se décompose dès 575°, selon l'équation de dissociation :



$$As_2O_5.3OHg = As_2O_5.OHg + O_2 + 2Hg,$$

avec formation de métaarséniate.

Le deuxième composé que nous avons pu isoler est précisément ce métaarséniate $As_2O_5.OHg$. C'est un sel blanc, microcristallin, qui se sublime dans le vide à 625°; il s'hydrolyse très lentement en donnant de l'orthoarséniate trimercurique. On le prépare également par l'action d'une solution d'anhydride arsénique très concentrée (70 %) sur l'orthoarséniate trimercurique; l'acide arsénique en excès qu'il retient peut être éliminé par un lavage rapide à l'eau ou mieux à l'éther anhydre. La préparation par pyrolyse est toutefois plus pratique.

En résumé l'étude du système As_2O_5—OHg—OH_2 nous a permis de préciser les conditions de formation et de stabilité de l'orthoarséniate trimercurique et du métaarséniate monomercurique, seuls composés définis, mis en évidence à 60°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur de nouvelles réactions de l'amino-2 méthyl-4 thiazol iodé ou bromé.* Note de M[lle] **Yvonne Garreau**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai montré précédemment (1) que les sels des dérivés halogènes de l'amino-2 méthyl-4 thiazol perdent facilement leur atome d'halogène en solution aqueuse, le dérivé iodé élimine son iode à l'état de métalloïde et le dérivé bromé provoque l'apparition d'iode en présence d'un iodure.

(1) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 597, 222, 1946, p. 963, 226, 1948, p. 1022.

Deux nouvelles réactions mettent en évidence le caractère *positif* de l'iode et du brome dans ces combinaisons.

La première est l'action des composés éthyléniques. Parmi ceux que j'ai expérimentés : acide fumarique, acide aconitique, alcool allylique, seul ce dernier donne des résultats nets.

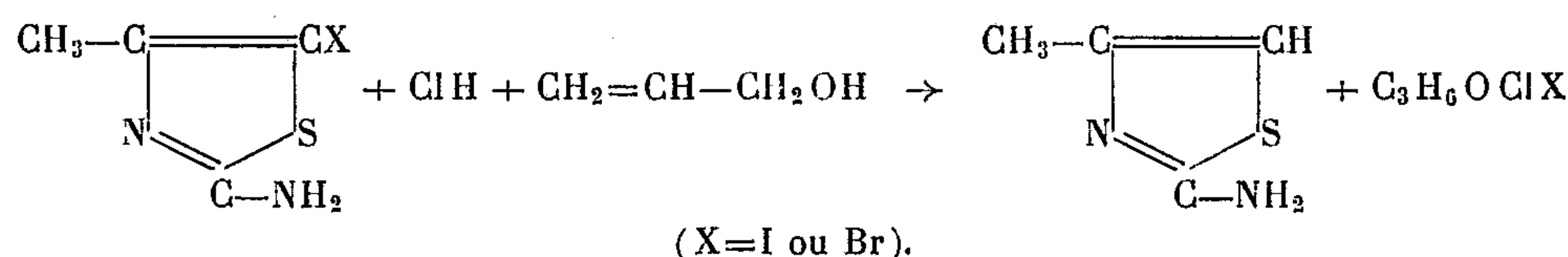
A 0,15 mol-g de chlorhydrate d'amino-2 méthyl-4 thiazol iodé, dissous dans 225$^{cm^3}$ d'une solution d'acide chlorhydrique au 1/3, on ajoute 35$^{cm^3}$ d'alcool allylique puis on chauffe à reflux, au bain-marie bouillant pendant 25 minutes.

Le mélange qui a un peu bruni est épuisé à l'éther. Le résidu de l'évaporation de celui-ci est distillé dans le vide, ce qui permet d'isoler 11^g d'un liquide $É_2$ 62-63°. Sa composition centésimale correspond à un produit d'addition chloroiodé de l'alcool allylique C_3H_6OClI.

Si l'on part du chlorhydrate d'amino-2 méthl-4 bromo-5 thiazol, il est nécessaire de chauffer 8 heures pour que la réaction soit complète, puis un produit chlorobromé de l'alcool allylique : C_3H_6OClBr, $É_{19}$ 98° peut être isolé.

Les eaux-mères chlorhydriques évaporées à sec laissent déposer des cristaux de chlorhydrate d'amino-2 méthyl-4 thiazol caractérisé, après libération de la base par la soude, extraction à l'éther, puis traitement par l'anhydride acétique, à l'état d'acétyl-amino-2 méthyl-4 thiazol F 134-135°.

La réaction peut donc s'écrire



(X=I ou Br).

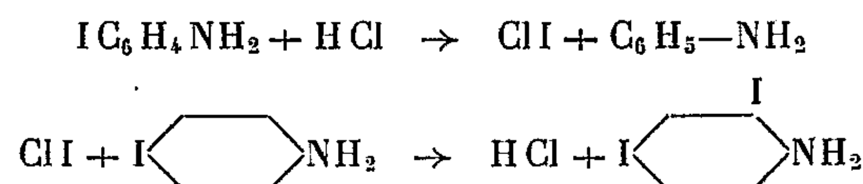
J'ai réussi à étendre cette réaction à la N-bromo-acétamide.

Par contre la *p*-iodoaniline, pour laquelle Nicolet ([2]) a signalé le caractère positif de l'hydrogène, ne donne pas d'alcool allylique chloroiodé.

L'amino-2 méthyl-4 chloro-5 thiazol ne libère pas d'iode en présence d'iodure de potassium, il ne fournit pas non plus de dérivé chloré avec l'alcool allylique, même après 24 heures de chauffage.

Lorsqu'on traite par l'acide chlorhydrique la *p*-iodoaniline, la di-iodoaniline prend naissance en même temps que l'aniline, ainsi que l'a montré Nicolet ([2]), qui émet l'hypothèse de la formation intermédiaire de chlorure d'iode.

$$IC_6H_4NH_2 + HCl \rightarrow ClI + C_6H_5—NH_2$$



Il est très possible qu'un mécanisme semblable soit valable dans le cas des réactions que je viens de décrire.

([2]) *J. of Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 1796, 1801, 1806, 1810.

Cela est en accord avec le fait qu'en milieu chlorhydrique, le chlorure d'iode, ajouté lentement s'additionne sur l'alcool allylique, pour donner le produit chloroiodé décrit ci-dessus.

J'ai alors essayé d'ioder l'aniline en la traitant en milieu chlorhydrique par le chlorhydrate d'amino-2 méthyl-4 iodo-5 thiazol, sans obtenir autre chose que des substances goudronneuses ne contenant pas d'iode.

Une autre réaction de l'amino-2 méthyl-4 thiozol iodé ou bromé consiste à saturer d'hydrogène sulfuré une solution aqueuse, à $0^{g},5$ dans 30^{cm^3} de son chlorhydrate. A froid, en 5 heures, le dérivé iodé donne 77 % de la quantité théorique de soufre, en même temps que du chlorhydrate d'amino-2 méthyl-4 thiazol qu'on peut isoler par évaporation. Le dérivé bromé donne également du soufre, mais plus lentement et avec un rendement moindre 50 %. L'amino-2 méthyl-4 thiazol peut également être caractérisé dans le filtrat.

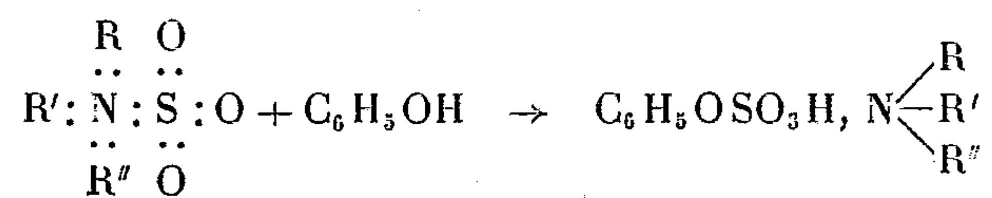
Cette fois encore le chlorhydrate d'amino-2 méthyl-4 thiazol chloré ne réagit pas.

En résumé, j'ai fait connaître deux nouvelles réactions des chlorhydrates d'amino-2 méthyl-4 thiazols iodés et bromés, qui montrent bien le caractère positif de l'halogène, ce sont : la chloroioduration ou chlorobromuration de l'alcool allylique, ainsi que l'oxydation de l'hydrogène sulfuré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude d'une réaction de formation des esters sulfuriques des phénols.* Note de MM. **Jacques Parrod** et **Laszlo Robert**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'anhydride sulfurique forme avec les bases tertiaires des combinaisons d'addition, dans lesquelles deux électrons de l'azote viennent compléter l'octet du soufre.

En milieu alcalin, elles se décomposent en donnant la base et un sulfate, mais en présence de phénol, on observe simultanément l'apparition d'un phénylsulfate



$$R'\!:\!\overset{R}{\underset{R''}{N}}\!:\!\overset{O}{\underset{O}{S}}\!:\!O + C_6H_5OH \rightarrow C_6H_5OSO_3H,\ N\!\begin{matrix}\diagup R\\ -R'\\ \diagdown R''\end{matrix}$$

Cette réaction, signalée par P. Baumgarten (1) à partir du dérivé de la pyridine, fut étendue aux produits d'addition d'autres amines : trialcoylamines, N-méthylmorpholine, N-éthylpipéridine (2), mais on ne trouve pas de travaux destinés à en élucider le mécanisme.

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 59, 1926, 1976.

(2) Hans Z. Lecher, M. Scalera et E. M. Hardy, Brevet américain 2.402.647, 1944.

Afin d'aborder celui-ci, nous avons tout d'abord cherché comment varie le rendement en ester sulfurique, en fonction des conditions expérimentales, ainsi que de la nature du phénol. C'est le dérivé de la triméthylamine que nous avons utilisé, en raison de sa facile purification par simple cristallisation dans l'eau chaude.

Le dosage des esters sulfuriques formés repose sur leur stabilité en milieu alcalin et leur hydrolyse en milieu acide. Encore fallait-il s'assurer de cette stabilité, de l'achèvement de la réaction, ainsi que de l'absence de réactions secondaires, conduisant à des produits de sulfonation du noyau, stables en présence d'acides. Nous pensons que la technique suivante répond à ces conditions.

La solution contenant les substances à mettre en réaction (1/2000 mol-g de chacun d'eux) et une quantité déterminée de carbonate de sodium est chauffée au thermostat. Après un certain temps, on étend d'eau, ajoute un excès de solution de chlorure de baryum. Le précipité filtré, lavé à l'eau, puis à l'acide chlorhydrique, donne les sulfates libres. Le filtrat est additionné de 5$^{cm^3}$ de soude normale et chauffé 1 heure à 100°. On acidifie par l'acide acétique; si la totalité du précipité disparaît, cela signifie que la combinaison $(CH_3)_3N, SO_3$ avait été complètement décomposée et que l'ester sulfurique est stable. L'acide sulfurique conjugué est déterminé ensuite par chauffage prolongé en milieu chlorhydrique, puis pesée du sulfate de baryum formé. On vérifie que le poids total des acides sulfuriques libre et conjugué correspond, de 0 à + 3 % près, à celui de la combinaison sulfurique mise en expérience.

Dans les tableaux ci-dessous nous n'avons indiqué que les rendements en esters sulfuriques, le chiffre théorique étant 100.

$t = 100°$; durée : 2 heures. Phénol 1/2000 mol-g;
$N(CH_3)_3 + SO_3$: 1/2000 mol-g. Volume 13 cm³.

CO_3Na_2.	Phénol.	Crésol *o.*	Crésol *m.*	Crésol *p.*
1/2000 mol-g	68,7	51,1	67,1	66,0
2/2000 »	62,0	47,9	61,6	59,4
3/2000 »	55,5	42,2	56,7	55,8
4/2000 »	55,1	–	–	–

	Acide hydroxybenzoïque *o.*	Acide hydroxybenzoïque *m.*	Acide hydroxybenzoïque *p.*	Chlorophénol *o.*	Chlorophénol *p.*
1/2000 mol-g	–	–	–	69,4	82,6
2/2000 »	–	68,5	62,9	62,1	69,8
3/2000 »	0,8	67,2	56,9	40,6	66,6
4/2000 »	0,7	62,5	48,8	–	–
5/2000 »	0,9	60,4	42,8	–	–

$t = 100^\circ$; durée : 2 heures. Phénol 1/2000 mol-g;
$N(CH_3)_3 + SO_3$: 1/2000 mol-g; CO_3Na_2 : 3/2000 mol-g.

Volume de la solution.	Phénol.	Nitrophénol. o.	m.	p.
15 cm³	55,8	13,9	51,8	25,2
20 »	50,0	11,0	48,0	23,0
30 »	43,1	8,1	41,6	20,0
50 »	35,2	5,1	34,9	–

$t = 50^\circ$; durée : 90 heures.
Autres conditions identiques à celles du tableau précédent.

5 cm³	–	33,9	83,9	53,1
15 »	76,9	30,8	75,1	43,9
20 »	72,9	–	73,0	42,1
30 »	65,2	–	71,0	39,9

On voit que le rendement en ester sulfurique décroît lorsque l'alcalinité, la dilution ou la température augmentent. Il varie aussi d'un phénol à l'autre, le dérivé *ortho* donne moins de sulfoconjugués que ses isomères *méta* et *para*, et cette relation paraît indépendante des conditions d'expériences. Dans le cas de l'acide salicylique, il ne se forme pratiquement pas d'ester sulfurique; cependant celui-ci, qui peut être préparé par d'autres moyens, est parfaitement stable en milieu alcalin ([3]). Dans ce cas il est probable que la liaison de l'hydrogène phénolique au carboxyle empêche la réaction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation par le nickel de Raney de la cinnamalméthylhexylcétone*. Note de M. **Zafiris Zafiriadis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant notre étude sur l'hydrogénation par le nickel de Raney des cétones du groupe cinnamal ([1]), nous avons été amené à préciser les conditions d'hydrogénation de la cinnamalméthylhexylcétone phényl-1 undécadiène-1, 3 one-5 [$(C_6H_5.CH = CH.CH = CH.CO.C_6H_{13})(C_{17}H_{22}O)$].

Préparation de la cinnamalméthylhexylcétone. — Nous avons préparé cette cétone en condensant l'aldéhyde cinnamique avec la méthylhexylcétone, à froid et en présence d'alcoolate de sodium. Nous avons suivi une technique semblable à celle de la préparation de la cinnamalméthyléthylcétone ([2])

([3]) M. Loeper, J. Cottet et J. Parrod, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 917.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 852.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 731.

La cinnamalméthylhexylcétone ainsi obtenue se présente sous la forme d'une poudre jaune ayant un point de fusion de 68°.

Hydrogénation de la cinnamalméthylhexylcétone. — Nous avons dissous cette cétone dans son poids d'acétate d'éthyle, nous avons ajouté 5 % de nickel de Raney et nous avons hydrogéné pendant 3 heures à 40° et à 100^{atm} de pression. Nous avons obtenu ainsi la cétone saturée correspondante, la phényl-1 undécanone-5 [$C_6H_5(CH_2)_4CO.C_6H_{13}$] ($C_{17}H_{26}O$) possédant les constantes suivantes : $É_{20}$ 215-216°; n_D^{20} 1,5112; d_4^{20} 0,951.

Hydrogénation de la phényl-1 undécanone-5. — Cette cétone, avec 5 % de nickel de Raney, hydrogénée pendant 3 heures à la température de 130° sous une pression de 100^{atm}, donne l'alcool correspondant, le phényl-1 undécanol-5 [$C_6H_5(CH_2)_4CH(OH).C_6H_{13}$] ($C_{17}H_{28}O$) qui possède les constantes suivantes; $É_{18}$ 220-221°; n_D^{20} 1,5131; d_4^{20} 0,948.

Hydrogénation du phényl-1 undécanol-5. — Pour passer au produit cyclanique correspondant nous avons hydrogéné cet alcool pendant 12 heures avec 10 % de nickel de Raney, à la température de 260° et sous une pression de 100^{atm}. Le cyclohexyl-1 undécanol-5 [$C_6H_{11}(CH_2)_4CH(OH).C_6H_{13}$] ($C_{17}H_{34}O$) ainsi obtenu possède les constantes suivantes : $É_{20}$ 211-212°; n_D^{20} 1,4721; d_4^{20} 0,880.

De cet alcool nous avons pu obtenir, par oxydation au bichromate en milieu acétique, la cyclohexyl-1 undécanone-5 [$C_6H_{11}(CH_2)_4CO.C_6H_{13}$]($C_{17}H_{32}O$) qui possède les constantes suivantes : $É_{20}$ 205-206°; n_D^{20} 1,4652; d_4^{20} 0,882.

Conclusion. — Ce travail confirme les conclusions tirées de l'hydrogénation de la cinnamalméthyléthylcétone [2] et de la cinnamalméthylisobutylcétone [3] : On ne remarque pas de différences notables dans les conditions d'hydrogénation au nickel de Raney des cétones du groupe cinnamal, en faisant varier leur radical aliphatique.

GÉOLOGIE. — *Observations sur le Crétacé moyen dans le Sud-Ouest des Alpes-maritimes.* Note de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Charles Jacob.

Cette Note fait suite à ma communication sur le Crétacé inférieur de la même région [1]. Elle fournit de nouvelles observations sur le Crétacé moyen, pour lequel les travaux de E. Hébert, E. Fallot, W. Kilian et surtout de Ch. Jacob ont apporté une contribution capitale.

Au cours de la régression post-barrémienne, la vallée supérieure du Loup

(3) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 250.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 312.

ne fut pas émergée : on y observe en effet, entre les deux bastides de la Vallette, une succession normale allant du Jurassique au Cénomanien, avec notamment du Bedoulien calcaire qui m'a donné *Douvilleiceras cornuelianum* et des marnes du Gargasien m'ayant fourni *Hoplites furcatus* et passant à l'Albien.

Dans la vallée de la Lane, le Bedoulien n'est pas connu.

L'Albien est transgressif ; à Gourdon il débute par des brèches appartenant à la zone à *Leymeriella tardefurcata* et contenant des fossiles remaniés du Barrémien (Ch. Jacob) ; il supporte des marnes glauconieuses à nodules phosphatés, avec la faune à *Hoplites dentatus*. Cette dernière formation réduite à des témoins d'importance variable marque l'avant de la transgression albienne ; elle affleure à Saint-Vallier, Gourdon, dans les vallons de Clars (Escragnolles) et de Beiral, à l'Est de Valferrière, à la Clue, Andon et dans la vallée du Loup. L'Albien repose sur les calcaires corrodés et oxydés du Barrémien, du Néocomien, et du Jurassique supérieur. Une légère régression accompagne le dépôt du Vraconien, dont la limite méridionale, en retrait, suit une ligne un peu sinueuse, passant par Clars, le vallon de Beiral, Canaux et Caussols. Mais cet étage n'atteint son plein développement que dans la dépression jalonnée par Caille et la vallée du Loup où ses dépôts m'ont fourni des fossiles. Le Vraconien présente partout les mêmes faciès : ce sont des marnes sableuses, foncées, très glauconieuses avec des lits de nodules gris bleu, calcaires ou siliceux, plus fréquents vers le haut. Dans la vallée du Loup, j'ai reconnu ses deux principaux horizons : l'inférieur à *Pervinquieria inflata* et *Turrilites bergeri*, près de la Basse Vallette, et à *Durnovarites subquadrata* à l'Ouest de Caille ; le supérieur avec *Stoliczkaia dispar*, entre Caille et Andon et à l'Est de cette localité. *Inoceramus concentricus* est fréquent dans ces formations. J'ai observé dans les couches supérieures la coexistence de *Stoliczkaia dispar* et d'un *Acanthoceras* du Cénomanien : *A. falloti*.

Au-dessus de cet horizon de passage le Cénomanien plus pauvre en glauconie, jaunâtre, étage ses bancs calcaréo-marneux et plus ou moins gréseux jusqu'au Turonien. Ses faunes sont néritiques et littorales. Le Cénomanien, transgressif vers le Sud, déborde tous les autres dépôts du Crétacé et repose souvent sur le Jurassique supérieur. Les fossiles qu'il m'a fournis permettent d'y distinguer sept niveaux ; ce sont à partir de sa base :

1° Marnes grises avec calcaires à *Acanthoceras martimpreyi*, *A.* nov. sp. aff. *A. jimboi* et Orbitolines rares ;

2° Marno-calcaires riches en Orbitolines avec *Mantelliceras mantelli*, *A. confusum*, *A. cunningtoni* et autres Mollusques ;

3° Marnes argileuses avec calcaires sporadiques à *Acanthoceras vicinale*, *Exogyra columba minor* et *media*, autres Lamellibranches, etc. ;

4° Calcaires grumeleux jaunâtres, riches en *Exogyra columba minor* et *media*, *Acompsoceras sarthense*, *A. cf. newboldi*, *A. cf. pentagonum* ;

5° Calcaires noduleux, grumeleux et glauconieux avec, près de Gourdon, une nombreuse faune de Mollusques notamment : *Nautilus triangularis*, *Acanthoceras rotomagense*, *A. cenomanense*, *A. gentoni*, *A. newboldi*, *Sharpeiceras florencæ*, *Schloenbachia varians*, *Turrilites costatus*;

6° Grès-marneux à *Calycoceras naviculare* et *Acanthoceras haugi*; latéralement, cet horizon serait remplacé par des calcaires gréseux à *Exogyras columba major* qui occupent aussi le niveau ci-après;

7° Marnes blanches à (?) *Vascoceras cf. gamai*, *Acanthoceras woolgari* et *Exogyra columba media* (beaucoup à large crochet). Cet horizon passerait au Turonien.

Les observations suivantes donnent un aperçu du relief sublittoral, au cours de la transgression cénomanienne :

a. Au Nord de Gourdon, sous le signal du Thiey, à la Colette d'Escragnolles et au Gras, l'horizon à *Acanthoceras martimpreyi* transgresse soit sur les calcaires tithoniques (Gourdon, les Gras), soit sur le Barrémien (Le Thiey), soit sur l'Albien (Colette d'Escragnolles);

b. au Thoronet (Gourdon), à la Malle et à Saint-Vallier, c'est par l'horizon n° 2 à Orbitolines que débute la transgression, tantôt sur le Jurassique supérieur (la Malle), tantôt sur l'Hauterivien (Thoronet) ou sur le Jurassique supérieur, le Barrémien ou l'Albien moyen (Saint-Vallier);

c. auprès de l'Embarnier et à l'entrée du vallon de Beiral, la transgression débute, sur les calcaires portlandiens, par le Cénomanien moyen n° 5, riche en Mollusques;

d. enfin, dans la région de Mons, l'étage présente un complexe transgressif sur le Tithonique. Ce sont des grès et poudingues à Orbitolines et petites Exogyres striées reposant par endroits sur des calcaires à Orbitolines ou à petites Exogyres et contenant des intercalations de grès à *Exogyra columba minor* et *media*, des lits sableux, des marnes et des calcaires blancs avec les mêmes Exogyres, Ostrea, etc. Ces formations ont été partiellement considérées comme tertiaires. Leurs poudingues contiennent des galets de rhyolites et de silex roses qui existent aussi dans les calcaires à Orbitolines de l'Embarnier.

En résumé, la région des plateaux qui dominent Grasse fut presque entièrement émergée à la fin du Barrémien; seule, la dépression du Loup, existant déjà au Valanginien, était occupée par la mer et l'est restée jusqu'au Crétacé supérieur. Pendant l'Albien moyen, de faibles oscillations amenèrent une légère transgression marine accompagnée de dépôts terrigènes jusqu'au Sud du parallèle de Saint-Vallier. Au Vraconien, cette zone marginale fut de nouveau émergée et érodée; aussi la transgression cénomanienne recouvrit-elle l'un quelconque des terrains entre le Jurassique supérieur et l'Albien moyen. Par ailleurs, l'existence dans les poudingues de Mons, de galets de rhyolites et d'argiles blanches dans leur ciment montre que les Massifs de l'Estérel et de Tanneron étaient émergés au Cénomanien.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles considérations géologiques sur l'axe granitique Nantes-Parthenay*. Note de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Récemment, je me suis livré à un examen minutieux de l'axe granitique Nantes-Bressuire-Parthenay pour la révision des cartes géologiques au 80000e de Bressuire et de Cholet. On a toujours considéré la large bande granitique de Vendée, qui s'épanouit à l'Est dans le Limousin, comme un anticlinal entre bassin de Cholet au Nord et bassin de Chantonnay au Sud et j'avais moi-même suivi cette opinion. Or l'alignement des filons de quartz (non portés sur les premières éditions, sauf celui de Bressuire) nous conduit à de nouvelles considérations. Il existe en effet une suite de très gros filons de quartz : Puy-Saint-Bonnet, Rocher de Pyrome, Bressuire, Moulin d'Amailloux, La Maillotière, Chapelle Bertrand, Ménigoute, qui trace une remarquable direction armoricaine à travers le département des Deux-Sèvres sur 90^{km} de longueur.

Je considère désormais ces filons comme représentant le grès de l'Arénig métamorphisés en quartz, et cela pour les raisons suivantes :

1° Le filon du Rocher de Pyrome prolonge exactement l'une des bandes de quartzite et poudingue de La Romagne; c'est celle de la Renussière dont le caractère sédimentaire est attesté par des poudingues à galets de quartz de la taille d'une noisette. Ce faciès de l'Arénig se retrouve à la Châtaigneraie (Vendée) et à la Boserie près de Candé (Maine-et-Loire).

2° Il existe une coupe à Puiravault, au Sud-Est d'Amailloux, où l'on voit en enclave dans la granulite un quartzite feldspathisé et micacé et non du quartz massif d'origine éuptive ou hydrothermale.

3° Il y a souvent une série sédimentaire ancienne granulitisée, mais interprétable avec l'hypothèse suivante de transformation métamorphique :

a. grès armoricain → filon de quartz
b. schiste silurien → gneiss granulitique et granulite
c. calcaire dévonien → diorite

Il y a une véritable zone des diorites et cette diorite est toujours superposée, d'après le pendage, au filon de quartz, aussi bien dans le Choletais qu'en Gâtine. Il y aurait donc un ancien bassin synclinal écrasé et granulitisé entre Mortagne-sur-Sèvre et Ménigoute jalonné par Châtillon-sur-Sèvre, Bressuire, La Chapelle-Bertrand correspondant à la zone d'enfoncement géosynclinal maximum. Au Sud s'étend une zone de mylonites bien caractérisée par des gneiss et des granites avec des quartz à extinction roulante.

I. On peut se faire une idée de l'ancienne tectonique affectant le Briovérien avant la granitisation en relevant les pendages d'une façon systématique autour des massifs granitiques.

Ainsi un anticlinal est très bien caractérisé dans les schistes et les grauwackes du Briovérien de Saint-Amand-sur-Sèvre : il est granulitisé graduellement vers le Nord-Ouest en direction de Mallièvre, Saint-Malo-du-Bois. C'est peut-être le même pli qui constitue en Gâtine l'anticlinal de Parthenay.

Au Nord de la ligne des filons de quartz une arête synclinale paraît pouvoir être indiquée de la Romagne à Maulévrier et Saint-Loup-sur-Thouet. Au Sud de l'anticlinal de Saint-Amand-sur-Sèvre, une ligne synclinale certaine s'étend de la Pommeraye à la Forêt-sur-Sèvre, La Chapelle-Saint-Laurent, Saint-Germain-de-Longue-Chaume, Parthenay-le-Vieux.

Des pendages inverses dans le Briovérien à phtanites mettent en évidence un anticlinal important au Nord de l'Absie; il se suit au Sud-Est par Secondigny-en-Gâtine jusqu'à Clavé, sous couverture liasique, tandis qu'au Nord-Ouest il disparaît dans le granite syénitique de Pouzauges. Ce pli est tantôt dans le granite, le Briovérien et la granulite (Vernoux en Gâtine).

Un anticlinal moins important paraît sortir de la granulite de Neuvy-Bouin et s'étend dans le Briovérien entre Azay-sur-Thouet et Beaulieu-sous-Parthenay.

Position des granites. — Le batholite en forme d'S du granite syénitique à amphibole de Pouzauges est en position anticlinale à Pouzauges et en position synclinale à Moncoutant, La Chapelle-Saint-Laurent. Le massif circulaire de la granulite de Neuvy-Bouin est à cheval sur deux anticlinaux.

En résumé entre le Synclinorium de Cholet et celui de Chantonnay, l'axe granitique comporte donc de très nombreux plis, tantôt inclus dans les batholites de granite et tantôt plus évidents dans le Briovérien métamorphique.

II. De part et d'autre de la zone granitique Haut-Bocage-Gâtine, les régions schisteuses de Chantonnay et de Cholet comportent également du Silurien. Je l'ai déjà démontré (¹) avec fossiles à l'appui en Vendée, tandis que dans les Mauges j'ai un argument lithologique important à faire valoir. M. G. Lucas (²) vient de nous révéler l'existence de poudingues, genre poudingue de Gourin avec petits galets de quartz et phtanite à la base de l'Arenig dans la région de Candé (M. et L.). Ce faciès se retrouve en intercalation dans le grès de la Châtaigneraie et dans les grès de Trémentines. Dès lors, si les grès et poudingues de Trémentines (datés par cet argument) s'enfoncent sous la masse des rhyolites et orthophyres du Choletais, ces *coulées* sont siluriennes. Ainsi les schistes d'Angers prendraient dans les Mauges un faciès éruptif.

Le Silurien qui constitue déjà les grands synclinaux du Bocage vendéen et de la Gâtine paraît bien former aussi l'arête synclinale du Puy-Saint-Bonnet, Ménigoute et enfin comprendrait les laves métamorphiques du Choletais, transformées en gneiss.

La contribution du Silurien pour la formation des séries géologiques Mauges, Bocage vendéen, Gâtine paraît aussi importante qu'en Bretagne.

(¹) *Comptes rendus*, **206**, 1939, p. 1739.

(²) *C. R. S. Soc. Géol. France*, **10**, 1949, p. 200.

GÉOLOGIE. — *Une coupe géologique N-S du Cap Sicié (Var).* Note de M. **Jean-Paul Destombes**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La Société des Grands Travaux de Marseille achève le percement d'une galerie-égout, souterraine, de 6500^m de long, orientée approximativement N-S, au niveau de la mer, d'un bout à l'autre du promontoire : la Seyne-Cap Sicié.

La coupe géologique relevée par ces travaux apporte des faits nouveaux indispensables à l'interprétation d'une structure discutée, les affleurements étant en partie cachés par des alluvions (24^m d'épaisseur au puits des Moulières).

Voici les éléments essentiels de cette coupe : les distances sont comptées du Cap Sicié (extrémité aval) vers le Nord.

Les deux extrémités de la galerie ont rencontré les phyllades siluriennes bien connues aux affleurements, tandis que la partie centrale a recoupé un massif de marnes et grès permiens dont les contacts avec les phyllades sont décrits ci-dessous, soit à l'aide d'observations personnelles, soit au moyen des échantillons relevés systématiquement par l'entreprise.

Contact Nord. — Au point 4048, soit à 111^m au Nord du puits des Moulières, on observe la coupe suivante du Nord au Sud : sous les phyllades froissées très chargées de quartz d'injection, à pente moyenne 30° N-N-W, on trouve une brèche de marnes et de dolomies (permo-triasique?) de 2^m d'épaisseur; puis 20^m (4046-4026) de marnes micacées et gréseuses, rouges, permiennes, à pente moyenne 45° N-N-W; puis 23^m (en longueur) de gypse bien lité à pente 30° N-N-W, de 4026 à 4003. Le contact des marnes sur le gypse est en biseau, moins penté que l'ensemble et comporte une petite brèche de friction de 10 à 50^{cm} suivant les points. Sous les gypses existe entre 4003 et 3991 une brèche de friction épaisse de 7 à 8^m, à éléments anguleux de marnes permiennes, de gypse et de dolomie, dont les contacts sont pentés de 30° à 60° au N-N-W. Enfin les marnes permiennes, micacées, gréseuses comportant par endroits des conglomérats à galets roulés de quartz, sont visibles vers le Sud, entre les points 3991 et 3345. Elles pendent d'abord au Nord, puis au Sud, et de plus en plus faiblement. Les phyllades sont donc superposées au Permien à son bord Nord.

Contact Sud. — Sur les roches permiennes, par endroits conglomératiques (conglomérat de base, vers la distance 3500), on peut observer entre les distances 3345 et 3200, des brèches de friction de roches permiennes et de phyllades, broyées, lustrées, à pente très faible vers le Sud ou subhorizontales.

Les phyllades peu à peu redeviennent homogènes vers le Sud, à partir de 3200; elles restent subhorizontales, broyées et très chargées de quartz jusqu'au Sud du puits Gabrielles, soit à la distance 2580. Le contact du bord Sud du Permien et des phyllades est anormal et subhorizontal sur une distance d'au moins 150^m.

Une coupe détaillée sera publiée dans un autre recueil lorsque l'achèvement de la cunette aura permis de combler les dernières lacunes d'observation.

Celles-ci ne pourront modifier les conclusions qui se dégagent des observations relatées ci-dessus, établissant le chevauchement des phyllades sur le Permien.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'intensité respiratoire des fruits de Tomate à plusieurs stades de leur développement, et ses variations sous l'effet des blessures.* Note de M. **Roger Ulrich** et Mme **Jeannine Lafon**, présentée par M. Raoul Combes.

Les recherches relatives à l'influence des blessures sur le métabolisme des fruits étant encore peu nombreuses, nous avons abordé ce sujet en utilisant comme matériel des tomates de la variété Cerise, choisies principalement aux quatre stades suivants de leur développement :

I. Fruits	petits et verts :	diamètre moyen 21mm ;	poid frais moyen	3g,6
II. »	gros » :	» 24mm ;	»	7g,4
III. »	gros et orangés :	» 25mm ;	»	8g,2
IV. »	» rouges :	» 26mm ;	»	8g,6

Les fruits ont été récoltés au jardin du laboratoire, à Meudon, en septembre et en octobre 1949. Seuls sont rapportés dans cette première Note les résultats relatifs à la respiration. Les mesures d'intensité respiratoire ont été faites à chacun des quatre stades précédents, dans les conditions suivantes :

a. sur des fruits normaux, aussitôt après la récolte;

b. sur des fruits blessés immédiatement après la récolte (ablation latérale laissant une lésion plane d'environ 15mm de diamètre);

c. sur des fruits laissés sur pied après blessure pendant 12 à 13 jours pour permettre la cicatrisation;

d. sur des fruits normaux, initialement comparables à ceux de la série *a* mais conservés sur pied aussi longtemps que les fruits *c*.

Toutes les mesures ont été faites en atmosphère confinée à 30°C, sur des tomates privées de calice.

Lors de la récolte finale, les fruits des diverses séries présentaient les caractères suivants (expérience de septembre) :

On remarquera que les fruits blessés, même ceux qui sont restés turgescents et qui ont cicatrisé (I et II) ont perdu du poids ou sont restés petits; les fruits blessés (*c*) des séries II et III étaient sensiblement plus colorés à la récolte que les témoins normaux (*d*).

Caractères en fin d'expérience

Stade initial.	*Fruits blessés (c)* couleur.	diamètre. (mm)	poids frais moyen. (g)	*Fruits témoins (d)* couleur.	diamètre. (mm)	poids frais moyen. (g)
I......	verte	20	4,2	verte	23	5,2
II.....	rouge	22	5,8	orangé à rouge	25	8,4
III....	rouge (1)	22	4,9	orangé rouge	26	8,2

Nous avons groupé dans le tableau ci-dessous les résultats des mesures, exprimés en milligrammes de gaz carbonique dégagé par 100 fruits et en 24 heures.

Stade initial du développement...	I.	II.	III.	IV.	III (2).		IV (2).
a. Fruits sains, au début de l'expérience..................	1301	2690	3311	990	1390	2216	1602
b. Fruits fraîchement blessés....	2469	3661	2624	546	1243	1567	1245
c. Fruits blessés restés sur pied..	2570	2674	3230	–	–	–	–
d. Fruits sains, en fin d'expérience................	3130	2063	1065	664	–	–	–

L'examen de ce tableau conduit à quelques remarques en ce qui concerne la respiration des fruits normaux. Le maximum d'intensité respiratoire a lieu vraisemblablement pendant la période du développement comprise entre nos stades II et III, résultat qui confirme les observations antérieures de Clendenning (3), les nôtres (4), mais qui s'écarte légèrement de celles de Gustafson (5). Les fruits d'octobre respirent beaucoup moins activement que ceux de septembre, au même stade. L'intensité respiratoire des gros fruits rouges est en décroissance, mais quantitativement très variable; la taille et la couleur ne suffisent plus alors à repérer à quel stade de son développement le fruit est parvenu.

Les blessures peuvent provoquer une énergique et rapide stimulation de la respiration des fruits ainsi que l'ont déjà publié divers auteurs [Stich (6), Gerber (7), Schneider-Orelli (8), etc.], *mais cette stimulation ne s'observe que dans le cas des fruits jeunes; on constate au contraire une diminution sensible de l'intensité respi-*

(1) Fruits mous non cicatrisés.
(2) Mesures faites en octobre.
(3) *Canad. J. Res.*, C, 20, 1942, p. 197.
(4) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 94, 1947, p. 387.
(5) *Plant Physiol.*, 4, 1929, p. 349.
(6) *Flora*, 1891, p. 2-57.
(7) *Thèse Sc. Nat.*, Paris. 1897.
(8) *Centralbl. f. Bakt.*, Abt II, 30, 1911, p. 420-429.

ratoire lorsqu'on opère sur des fruits proches de la maturité. Des recherches non publiées, relatives à l'influence des piqûres sur la respiration des fruits de Lierre, nous avaient déjà conduits à la même conclusion. Les fruits blessés laissés sur pied jusqu'à cicatrisation ont à la récolte une respiration qu'on peut considérer comme normale, compte tenu de leur degré de maturité.

MYCOLOGIE. — *Sur la réaction à l'iode de la paroi sporique des* Glœocystidium *Karst. et des* Stereum *Fr.* Note de M. **Jacques Boidin**, présentée par M. Roger Heim.

Dans leur remarquable travail, les *Hyménomycètes de France* (1), Bourdot et Galzin ont utilisé la réaction des spores à l'iode pour définir certaines sections. C'est ainsi que leur étude du genre *Glœocystidium* Karst. commence par un groupe *Amyloidea*, caractérisé par la coloration bleu noir que prend la membrane sporique sous l'action d'un réactif iodé. Ils employaient une simple solution iodo-iodurée aqueuse. En se servant du chloral iodé de Melzer, beaucoup plus sensible, on peut reconnaître l'existence de *Glœocystidium* à spores amyloïdes hors de cette section. Jackson d'ailleurs (2) signale l'amyloïdicité des spores du *Corticium radiosum* Fr. (*Gl. alutaceum* Schrad.).

Nous avons repris la question en étudiant nos récoltes personnelles, celles de l'herbier E. J. Gilbert, et en les complétant pour les espèces rares ou critiques par l'examen d'échantillons de l'herbier Bourdot, déposés au Muséum National d'Histoire Naturelle. Les spécimens qui nous ont été communiqués seront suivis d'un (G.) s'ils proviennent de l'herbier Gilbert et de leur numéro s'ils appartiennent à l'herbier Bourdot.

Voici les résultats de cette enquête : *Gl. tenue* Pat., *roseo-cremeum* Bres., *pallidum* Bres. (G.), *mixtum* Bourd. et Galz. (26452), *albostramineum* Bres. (G.), *cremicolor* Bres. (G.), et *Eichleri* Bres. (G.) ont des spores non amyloïdes. Outre les espèces de la section *Amyloidea*, *Gl. alutaceum* Schrad. et *lactescens* Berk. (G.) ainsi que *Gl. ochraceum* Fr. (G.) et *insidiosum* Bourd. et Galz. (G.) ont les spores amyloïdes. Nous ne saurions rien préciser au sujet du *Gl. ochroleucum* Bres. et Torr., n'ayant pu repérer les spores avec certitude sur l'échantillon 11275 examiné; des deux représentants de la section de même nom du genre *Corticium*, l'un, *C. odoratum* Fr. (24052), nous laisse aussi perplexe, alors que l'autre, *C. portentosum* Berk. et Curt. (24660), nous a montré des spores nettement amyloïdes.

Dans plusieurs autres genres, tels *Odontia*, *Hymenochæte*, *Merulius*, Bourdot et Galzin ne parlent pas de la réaction des spores à l'iode. R. Kühner a examiné rapidement à ce point de vue les échantillons de l'herbier Bourdot corres-

(1) *Hyménomycètes de France*, Paris 1928.
(2) *Canadian J. Res.*, *C*, 26, 1948, p. 143-157.

pondant aux deux premiers de ces genres sans y découvrir de spores amyloïdes. Il ne faudrait pas conclure que la réaction doive être considérée comme négative dans tous les genres où Bourdot et Galzin n'en parlent pas. Ce n'est pas sans une vive surprise que nous avons observé que de nombreux *Stereum*, même parmi les plus communs, ont des spores très nettement amyloïdes. L'étude de nos récoltes complétées par celles de l'herbier Bourdot nous a conduit aux résultats consignés ci-dessous, résultats contrôlés dans les cas qui nous semblaient critiques par R. Kühner lui-même.

Certains groupes admis par Bourdot et Galzin se comportent de façon homogène; ce sont les groupes typiques du genre. Les *St. pini* Schleich. (15067) et *purpureum* Pers. (section *Cystophora*) et *St. Murrayi* Bk. et Curt. (31232) (section *Cystostroma*) caractérisés par la présence de vésicules dans la trame n'ont pas les spores amyloïdes. Bourdot le signale pour le dernier (I, p. 381). Par contre les espèces rougissant au froissement et à cystides contenant un suc coloré : *St. sanguinolentum* Alb. Schw., *gausapatum* Fr. et *rugosum* Pers. (section *Cruentata*) et toutes les espèces françaises de la section *Luteola : St. hirsutum* Willd., *sulphuratum* Bk. et Rav., *insignitum* Quél. et *fasciatum* Schw. (39149) ont les spores très amyloïdes. Les autres groupes, composés d'espèces moins caractéristiques du genre, se montrent par contre hétérogènes. C'est le cas en particulier de la section *Malacodermium* qui renferme *St. fuscum* Schrad. à spores amyloïdes et *St. umbrinum* Bk. et Curt. à spores non amyloïdes; ces deux espèces semblent par ailleurs ne posséder en commun que la consistance de la chair. La section *Lloydella* est aussi hétérogène au point de vue qui nous occupe : *St. cinerascens* Schw. (39137), *spadiceum* Pers. et *abietinum* Pers. ont des spores non amyloïdes, alors que celles des *St. Chailletii* Pers. et *areolatum* Fr. (3276) sont amyloïdes. Bourdot et Galzin signalent la parenté de ces deux espèces entre elles ainsi qu'avec le *Peniophora lævigata* Fr. Or, nos observations montrent que ce dernier a lui aussi les spores amyloïdes et qu'il s'éloigne par là des *Peniophora Coloratæ* typiques, aucune des autres espèces rangées dans ce groupe par Bourdot et Galzin que nous ayons rencontrées ne nous ayant montré de spores amyloïdes.

On remarque donc que dans l'ensemble la réaction des spores à l'iode légitime les rapprochements esquissés par Bourdot et basés sur d'autres caractères.

PHYSIQUE DU SOL. — *Profils hydriques en sols hétérogènes*
Note de M. **Marc Hallaire**, présentée par M. Albert Demolon.

L'étude des profils hydriques, observés après cessation du drainage dans le limon homogène de Versailles, nous avait conduit à ce résultat que les valeurs du potentiel capillaire corrigé ($\psi - 1000$), relatives à deux couches successives de terre, restaient entre elles dans le même rapport, quel que soit l'état de

dessèchement du sol [1] [2]. Nous avions alors supposé que la loi de diffusion de l'eau dans le sol, tout au moins pour des humidités comprises entre le point de flétrissement temporaire et la capacité de rétention, était donnée par la formule

$$(1) \qquad \frac{dQ}{dt} = \lambda \frac{d\psi}{dZ}, \quad \text{avec} \quad \lambda = \frac{A}{\psi - 1000} \quad (A = \text{const.})$$

qui est en accord avec les résultats expérimentaux et conduit à admettre que le débit à un niveau donné demeure sensiblement indépendant de l'état de sécheresse du sol.

Les résultats précédents ont pu être pleinement vérifiés sur deux sols nettement différents, constitués l'un par du limon, l'autre par des schistes désagrégés, situés à Rennes et dont les profils hydriques sont régulièrement déterminés par la Station d'Amélioration des plantes (École Nationale d'Agriculture). Pour ces deux sols autochtones sans horizons nettement différenciés, l'analyse indique une diminution du taux de matière organique avec la profondeur dans le cas du limon et un accroissement du taux d'éléments grossiers dans le cas du schiste.

On constate (*fig.* I) que, contrairement à ce qui avait été observé à Versailles, les profils hydriques moyens correspondant à différentes valeurs de l'humidité moyenne $\overline{H}$ de l'ensemble du profil, ne présentent pas une augmentation régulière de la teneur en eau du sol avec la profondeur Z. Mais ceci provient de la variation de composition physique de ces deux sols suivant la profondeur, qui entraîne, comme nous l'avons vérifié expérimentalement, une variation des courbes $\psi = f(H)$ d'une tranche de terre à la suivante (*fig.* II).

Si, tenant compte de ces résultats, on représente graphiquement la variation des potentiels ψ_1, ψ_2, ψ_3 et ψ_4 en fonction de l'un d'entre eux (ψ_2 par exemple), on retrouve entre les valeurs de $(\psi - 1000)$, correspondant à deux couches quelconques, la loi de proportionnalité déjà mise en évidence dans le sol homogène de Versailles (*fig.* III) [3]. On voit également que le potentiel capillaire ψ décroît de façon régulière avec la profondeur pour tendre asymptotiquement vers la valeur qui correspond à la capacité de rétention, $\psi = 1000$. Enfin, en vérifiant que le rapport $(\psi_n - 1000) : (\psi_{n+1} - 1000)$ conserve la même valeur quel que soit le profil, on doit encore invoquer la loi de diffusion (1) et admettre que le débit à un niveau donné demeure sensiblement le même à mesure que le sol se dessèche.

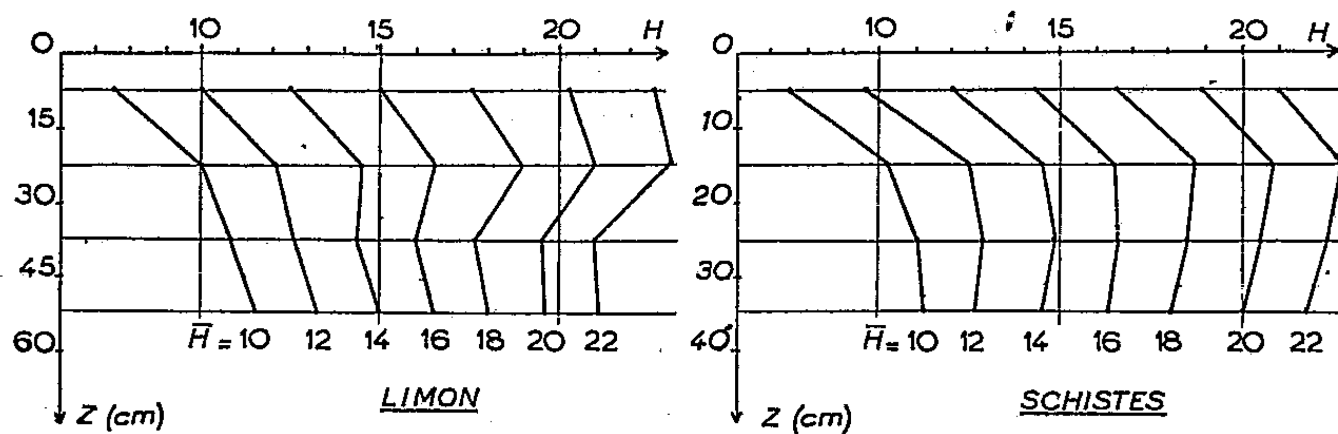
---

(1) M. HALLAIRE, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 152-154.

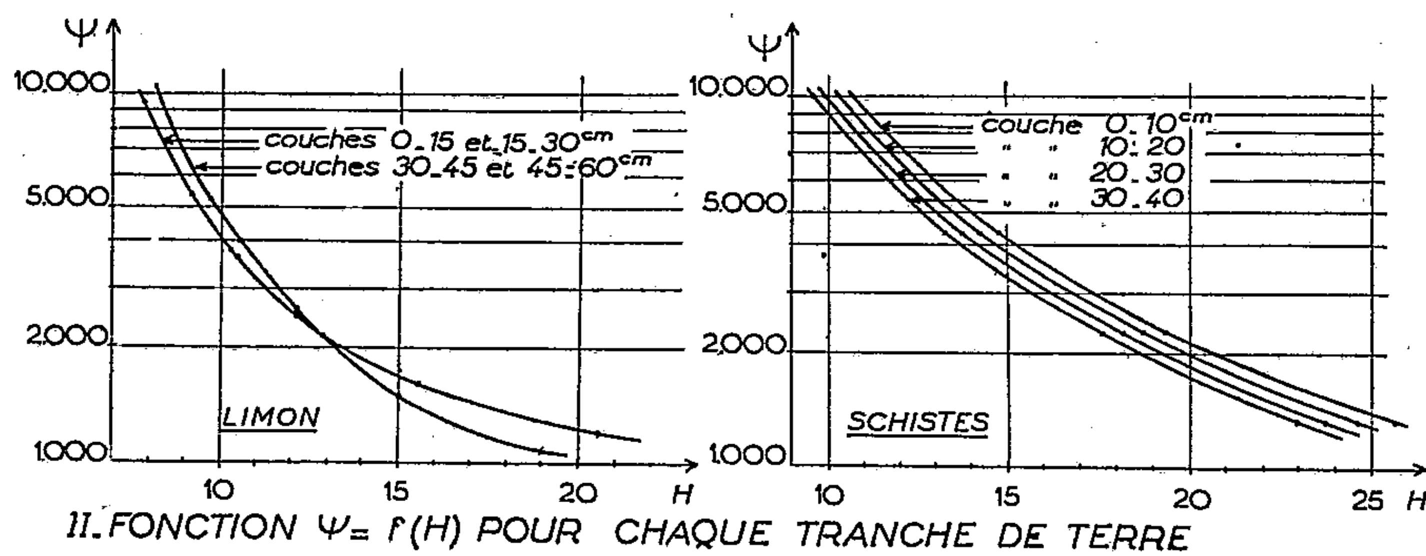
(2) M. HALLAIRE, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1361-1363.

(3) La seule anomalie constatée, relative à la couche 0 — 15^{cm} du limon, s'explique vraisemblablement par le fait que cette couche devenant rapidement trop sèche, l'équation de diffusion (1) n'est plus rigoureusement applicable comme on l'a déjà signalé.

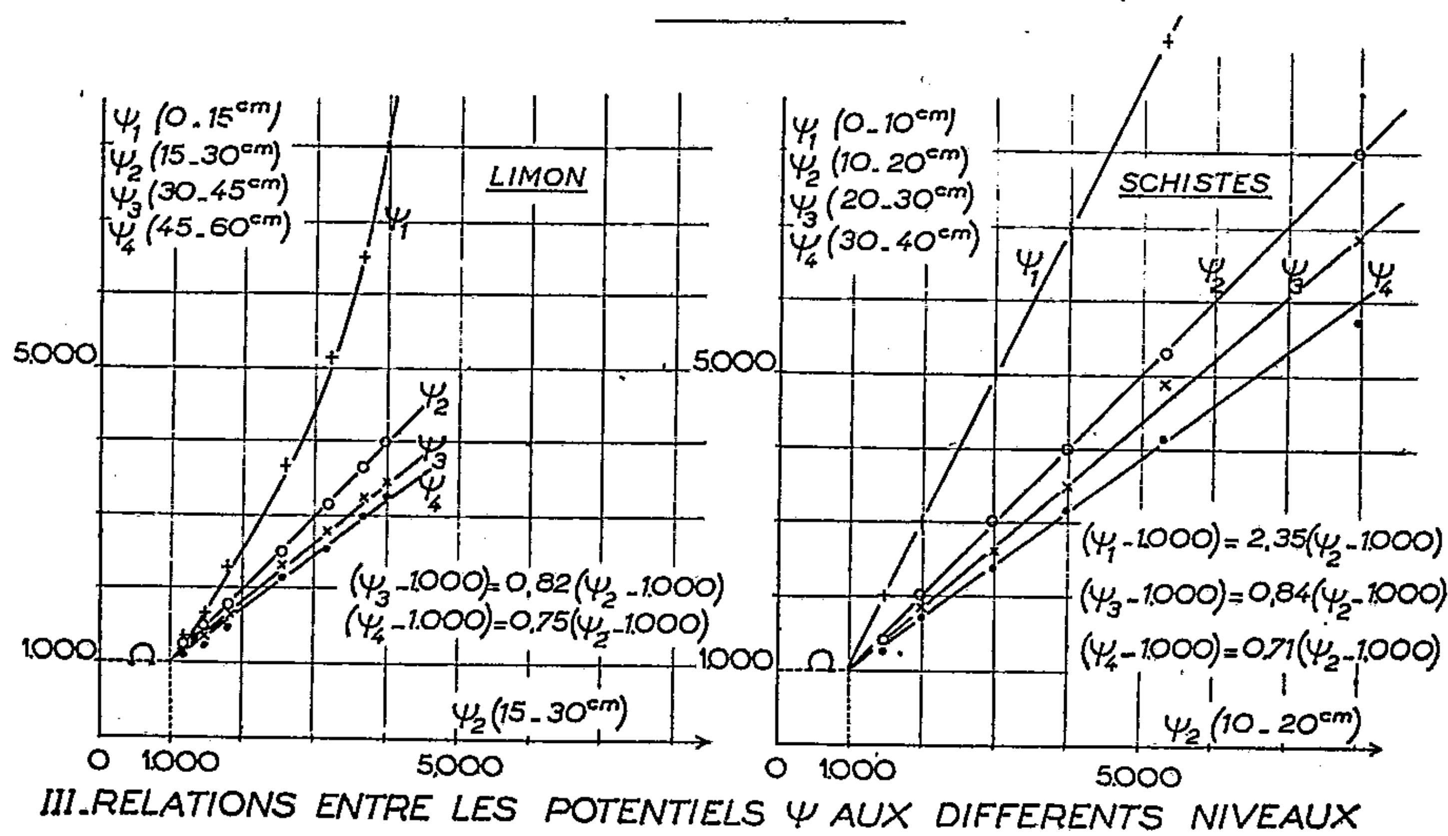
L'homogénéité des résultats obtenus sur les trois sols expérimentés témoigne de leur caractère général, en ce qui concerne tout au moins les terrains assez



I. VARIATION DE LA FORME DU PROFIL HYDRIQUE AVEC $\overline{H}$
($\overline{H}$ = hum moy. de l'ensemble du profil)



II. FONCTION Ψ = f(H) POUR CHAQUE TRANCHE DE TERRE



III. RELATIONS ENTRE LES POTENTIELS Ψ AUX DIFFERENTS NIVEAUX

perméables. On peut s'attendre notamment à ce que les profils H(Z) observés en sols zonaux, qui présentent de brusques discontinuités aux niveaux de séparation des horizons pédologiques, donnent des profils en ψ parfaitement continus.

CHIMIE AGRICOLE. — *Carence en manganèse de cultures irriguées à l'eau d'égout; ses causes.* Note de MM. **Georges Barbier, Serge Trocmé** et **Jean Chabannes**, présentée par M. Albert Demolon.

Les légumes cultivés sur les sols sableux où sont épurées les eaux d'égout de Paris, souffrent d'une maladie non parasitaire, avec chlorose internervaire, particulièrement grave dans les parcelles qui ont été soumises à l'irrigation la plus abondante. Nous avons indiqué ailleurs (1) que des épinards fortement chlorotiques de ces champs ont repris une teinte vert foncé dix jours après la pulvérisation sur leurs feuilles d'une solution de SO_4Mn à 0,2 %. Depuis, nous avons constaté que le même traitement guérit complètement et rapidement la chlorose des pois, haricots, poireaux, pommes de terre :

	Poireaux 1949 (peu malades)			Haricots 1949		
	malades.	sains.	malades traités.	malades.	sains.	malades traités.
Poids moyen d'une plante.....	117	127	152	36	59	68

L'avoine, plante particulièrement sensible à la carence de Mn, en porte les symptômes classiques (taches nécrotiques sèches des feuilles) lorsqu'elle est cultivée en vases sur la terre de ces champs, même sur celle de parcelles non chlorosantes pour les légumes.

Les plantes malades contiennent moins de Mn et plus de Fe que les saines :

Par million de matière sèche.

	Poireaux 1948		Poireaux 1949			Épinards		Haricots	
	malades.	sains.	malades.	sains.	malades traités.	malades.	sains.	malades.	sains.
Mn..	9	15	12	16	275	23	31	12	31
Fe...	230	210	930	580	180	330	247	290	250

Nous avons recherché les causes de cette carence de manganèse.

L'irrigation à l'eau d'égout a provoqué un lessivage intense du manganèse du sol, surtout en profondeur, comme l'indique l'étude de ces paires de profils voisins :

Régime d'irrigation depuis 1900 environ...		intense.	modérée.		intense.	modérée.		intense.	modérée.
Mn total par million de terre	0–20cm.	125	250	0–25cm.	100	200	0–15cm.	230	210
	45–55....	120	300				45–50....	140	180
	70–80....	99	215				55–65....	140	275

(1) *C. R. Ac. Agric.*, 1948, p. 910.

Actuellement, l'eau des drains collecteurs renferme entre 100 et 240 γ Mn par litre, au lieu de 50 à 60 dans l'eau d'égout.

L'action réductrice de matières organiques biologiquement oxydables de l'eau d'égout peut avoir joué un rôle considérable à cet égard ([2]); en voici un exemple :

50g *de sous-sol de limon, en couche mince dans erlenmeyer bouché au coton, maintenus à* 20 % *d'humidité, et à* 30°. — Mn *par million de terre, extractible par une solution d'acétate d'ammonium* 1,0 N (25g *de sol lessivés par* 330cm³).

	Durée d'incubation					
	40 jours					100 jours
Matière organique incorporée (0g,5).	Sans matière organique.	Fumier.	Glucose.	Glucose + chloroforme.	Chloroforme seul.	Glucose + chloroforme
Mn extractible...	1,1	3,6	34	116	3,0	> 200

L'accroissement massif du manganèse extractible, en présence de glucose, est dû essentiellement à une réduction de Mn jusqu'à l'état bivalent, car la quantité extraite (34 par million de terre = 2mg,65 Mn par litre de solvant utilisé), correspond à une solubilité 14 fois plus grande que celle d'un précipité d'oxyde de manganèse trivalent. L'addition de chloroforme a favorisé, dans les conditions de l'expérience, la réduction des composés manganiques.

Au contraire, les acides humiques qui se sont accumulés dans la couche superficielle de ces sols, en quantité d'autant plus grande que l'irrigation fut plus abondante, sont susceptibles d'entraver le passage de Mn du sol en solution. Ayant fait adsorber par un sous-sol de limon des acides humiques de tourbe, nous avons constaté que ceux-ci s'opposent fortement à l'action d'un réducteur chimique :

Mn, *par million, extractible par une solution d'acétate d'ammonium* 1,0 N *contenant* 0,2 % *d'hydroquinone.*

	Sans dessiccation du sol.			Après dessiccation.		
Acides humiques ajoutés pour-cent.....	0	0.5	2	0	0.5	2
Mn extractible..............................	472	316	47	445	150	267

Par ailleurs, le passage en solution de Mn du sol est largement facilité par l'extraction préalable des acides humiques :

([2]) MANN et QUASTEL, *Nature*, 1946, p. 154.

Lessivage du sol par une solution d'acétate d'ammonium, puis par l'eau ammoniacale pour éliminer des acides humiques (dans 1 essai sur 2), puis à nouveau par l'acétate d'ammonium. — Mn passé en solution par million de terre :

	Terre d'Achères chlorosante.		Terre d'Achères non chlorosante.		Limon de Versailles humifère.	
1° Acétate NH_4.......	0,4	0,4	1,3	1,3	2,2	2,2
2° Eau ammoniacale...	»	0,8	»	0,6	»	2,0
3° Acétate NH_4.......	3,2	8,4	6,0	12,8	5,5	16,4

Conclusion. — Deux causes au moins contribuent à priver de Mn les cultures des champs d'épandage : d'une part, le sol s'est considérablement appauvri en cet élément, dont le passage en solution peut être favorisé par l'action réductrice des matières organiques fermentescibles de l'eau d'égout; d'autre part, actuellement, les résidus humiques, biologiquement et physiquement stables, qui se sont accumulés à la surface des particules minérales, rendent le manganèse restant difficilement accessible aux agents réducteurs ou dissolvants.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'existence de fibres spécifiquement tonotropes, non cholinergiques, dans le tronc du nerf cardiaque chez* Helix pomatia. Note de MM. **Antoine Jullien** et **Jean Ripplinger**, présentée par M. Léon Binet.

Il semble incontestable que, chez *Helix pomatia*, l'excitation du tronc du nerf cardiaque s'accompagne d'une production élevée d'acétylcholine; celle-ci reste principalement incluse dans l'intérieur même du myocarde; une partie infime passe dans le perfusat. On peut donc considérer que le nerf cardiaque est cholinergique, sans préjuger, d'ailleurs, si l'acétylcholine ainsi libérée est l'agent unique qui provoque, sur le cœur, les effets caractéristiques de l'excitation de ce nerf.

Mais si l'on admet que la théorie des médiateurs s'applique à certains Gastéropodes, et notamment à l'Escargot, on peut se demander si l'acétylcholine est responsable de toutes les actions enregistrées lors de l'excitation du nerf cardiaque.

Nos observations, dont nous donnons ci-après les résultats, fournissent à une telle supposition, une réponse négative et tendent à apporter la preuve qu'il existe dans le tronc du nerf cardiaque, au point de vue fonctionnel, plusieurs catégories distinctes de fibres et que des antagonismes peuvent jouer entre elles.

Nous rappellerons, tout d'abord, que l'excitation faradique du nerf viscéral gauche de l'Escargot provoque des effets le plus généralement analogues à ceux déclenchés par l'excitation du nerf vague chez les Vertébrés; les deux actions principales recueillies sont : une action chronotrope négative, il y a arrêt du cœur et cet arrêt se produit à un niveau de tonus inférieur au tonus

diastolique normal : c'est l'action tonotrope négative. Par la suite, l'excitation étant maintenue, le phénomène de l'échappement en escalier apparaît.

Cette double action est-elle due à des fibres exactement de même valeur fonctionnelle ou est-elle due à des fibres fonctionnellement différentes? C'est la seconde hypothèse qui paraît répondre à la réalité, comme le montrent nos expériences, réalisées *in situ* sur le ventricule seul, séparé par une section de l'oreillette et relié par l'intermédiaire d'une pince serre-fine au myographe. Dans cette position on laisse tomber sur le myocarde ventriculaire quelques gouttes d'une solution d'acétylcholine à $1/10^4$, non ésérinée. Rapidement, se produit l'arrêt en systole, à un niveau de tonus correspondant au tonus systolique normal; ceci confirme les expériences conduites par l'un de nous avec D. Vincent, M. Vuillet et M. Bouchet [1] sur le cœur d'Escargot perfusé par une canule de Straub où sont introduites des solutions d'acétylcholine dont les concentrations s'échelonnent entre $1/10^8$ et $1/10^4$; toutes arrêtent le cœur en systole, à un niveau de tonus d'autant plus élevé que la solution est plus concentrée.

Le cœur étant arrêté en systole par l'acétylcholine, sur le même Escargot, on excite faradiquement le nerf viscéral gauche; aussitôt, après un temps perdu inappréciable, se produit une chute verticale du tonus qui se continue, par la suite, par un relâchement progressif. Si l'on cesse l'excitation, le tonus remonte (expérience I).

On peut répéter l'expérience précédente, un grand nombre de fois, sur la ligne de tonus faiblement descendante qui suit, après un certain temps, la systolisation initiale, et qui est due à l'inactivation progressive de l'acétylcholine, puisqu'on opère sans ésérine. A chaque brève série d'excitations, correspond une chute marquée du tonus qui remonte, après arrêt de l'excitation (expérience II).

On peut opérer avec de l'acétylcholine en milieu ésériné; en ce cas, l'arrêt en systole provoqué par une solution au taux de $1/10^4$ en acétylcholine se maintient très longtemps au même niveau de tonus; sa ligne reste rigoureusement horizontale; mais si l'on excite faradiquement le nerf viscéral gauche, aussitot commence un relâchement progressif du cœur qui rejoint le niveau de tonus diastolique normal (expérience III).

Si, aux expériences I et II, l'effet de l'excitation du nerf cardiaque se limitait à la libération pure et simple du médiateur acétylcholinique, on devrait avoir un renforcement de l'action systolisante ou tout au moins, maintien de celle-ci; or, il n'en est rien; malgré la production supplémentaire d'acétylcholine, le tonus baisse rapidement ou d'une façon plus ménagée. On peut penser, soit que les mêmes fibres déclenchent plusieurs effets s'exerçant par des mécanismes

---

(1) *J. Physiol. et Pathol. gén.*, 37, 1939, p. 562.

distincts avec résultats antagonistes en ce qui concerne l'effet tonotrope, soit que les fibres du nerf cardiaque sont systématisées : il existerait des fibres spécifiquement chronotropes négatives et tonotropes positives et d'autres spécifiquement tonotropes négatives. La première supposition est difficile à retenir : on voit mal une même catégorie de fibres produisant des effets opposés. La seconde est plus satisfaisante et l'on pourrait admettre que les fibres chronotropes agissent par l'intermédiaire d'un mécanisme chimique, peut-être le médiateur acétylcholinique; quant aux fibres tonotropes négatives, elles agiraient peut-être par un mécanisme purement physique, électrique par exemple. Les observations qui précèdent et leur interprétation pourraient ainsi se ranger dans le cadre de la théorie dualiste à la fois *chimique* et *électrique*, proposée par Bacq et Monnier ([2]), pour la transmission neuro-musculaire de l'excitation chez le muscle lisse.

L'expérience III confirme l'action tonotrope négative puissante du nerf cardiaque, car elle est capable d'annuler l'action tonotrope positive marquée due à l'acétylcholine agissant initialement sur le myocarde, augmentée de l'acétylcholine produite par l'excitation du nerf cardiaque.

En résumé, chez *Helix pomatia*, le nerf cardiaque, dont l'excitation provoque des effets de type vagal, paraît constitué par au moins deux catégories de fibres distinctes : des fibres purement chronotropes négatives et systolisantes, et des fibres purement tonotropes négatives à effet puissant, capables d'inverser l'action systolisante des premières, la résultante générale étant l'arrêt en diastole.

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Du mode de transmission intrarétinienne de l'excitation lumineuse.* Note (*) de MM. **Yves Galifret** et **Henri Piéron**, présentée par M. Robert Courrier.

Entre les éléments récepteurs de la rétine, cônes et bâtonnets, et les cellules ganglionnaires qui envoient les influx nerveux, ou plus exactement les impulsions constitutives du message sensoriel, dans les fibres du nerf optique, l'excitation est transmise par l'intermédiaire de cellules bipolaires. On admet généralement que cette transmission se fait par impulsions soumises à la loi du tout ou rien.

Mais il existe, sur de petites distances, un autre mode possible de transmission, par diffusion, avec décrément, le long de fibres nerveuses, du potentiel local de dépolarisation excitatrice, comme l'ont établi Katz, Hodgkin, Arvani-

---

([2]) *Arch. internat. de Physiol.*, 40, 1935, p. 467.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

taki. Comme il n'y a pas 2/10 de millimètre entre la zone réceptrice et les dendrites des cellules ganglionnaires, une telle transmission rétinienne ne laisse pas d'être vraisemblable.

Pour déterminer quel est le mode réel de transmission, nous avons fait appel à une expérience qui peut être considérée comme cruciale.

Les bâtonnets périphériques sont reliés par groupes à des cellules bipolaires, plusieurs bipolaires convergeant à leur tour vers une même cellule ganglionnaire. Dans l'exitation du groupe des bâtonnets connectés ainsi à une cellule ganglionnaire unique, on constate qu'une stimulation d'un certain niveau infra-liminaire, si elle est exercée par un seul élément du groupe (en envisageant tout au moins la bipolaire comme un élément), devient efficace lorsque deux ou plusieurs éléments y sont soumis (expérience de Hartline). Ceci implique que le seuil de réponse de la cellule ganglionnaire n'est pas atteint alors qu'un seul élément du groupe se trouve mis en action, et qu'il en faut au moins deux simultanément activés pour que le seuil soit atteint

En termes d'une transmission par impulsions, il faudrait l'apport d'au moins deux impulsions simultanées dans les voies convergentes pour déclencher une réponse dans le nerf optique. Mais, avec excitation plus intense d'un seul élément, la cellule ganglionnaire répond aussi, ce qui se ferait grâce à une sommation d'impulsions, non plus simultanées mais successives.

Au seuil d'une excitation punctiforme, ce rythme des impulsions, qui s'accélère avec l'intensité du stimulus, se trouve à un minimum, qui ne doit pas dépasser 10 à la seconde. La cellule ganglionnaire devra donc attendre l'apport tout au moins de la seconde impulsion pour déclencher sa réponse, soit un supplément minimum de retard d'environ 100 m/sec.

Dès lors, en comparant la latence de la réaction à un stimulus lumineux périphérique liminaire (à 15° du centre, côté temporal) soit étendu (plage de 15′ de diamètre) tombant sur le territoire d'une cellule ganglionnaire, soit punctiforme (image géométrique de 9″ de diamètre), limité, sinon à un bâtonnet unique au moins au territoire d'une seule bipolaire, entre apport simultané des impulsions nécessaires et apport successif, on devra trouver un écart notable.

Les expériences, faites après adaptation à l'obscurité, en utilisant le très bref éclat lumineux provoqué par une décharge de condensateurs dans un tube à xénon (de l'ordre de 10^{-5} seconde) — ce qui permet d'éviter tout balayage par mouvement d'œil — avec écran bleu, et un repère de fixation assuré par quatre points rouges en carré, ont donné (pour 101 et 114 déterminations), chez l'un de nous comme sujet, des distributions presque rigoureusement superposables, avec les valeurs significatives suivantes, en millisecondes.

Diamètre de la plage.	Moyenne.	Écart type.	Médian.	Écart quartile.
900″	360	39,4	371	25,7
9″	360	42,0	367	26,1

Il n'y a donc aucune différence de latence dans les deux cas, le premier où convergent sur la cellule ganglionnaire les réponses simultanées de deux ou plusieurs cellules bipolaires, et le second où une seule cellule bipolaire se trouve activée. L'activation de la cellule bipolaire unique ne peut donc exiger, pour devenir efficace, une succession d'impulsions. Par conséquent on doit admettre que, du récepteur à la cellule ganglionnaire, se transmet par diffusion un potentiel qui s'élève de façon continue en fonction du nombre de photons absorbés par la substance photosensible des bâtonnets. La loi du tout ou rien ne s'applique pas à l'excitation transmise à l'intérieur de la rétine.

EMBRYOLOGIE. — *Action des solutions hypertoniques sur le développement de l'œuf de truite.* Note de M. **Charles Devillers**, présentée par M. Louis Fage.

L'œuf de *Salmo irideus*, plongé dans du Holtfreter hypertonique, six fois concentré ($\Delta = -1°,52$; Δ du protoplasme $= -0°,50$) tout de suite après la fécondation, s'active, se segmente jusqu'au stade morula à moyennes cellules (48 heures à 12°) puis meurt. La morula, la blastula [1], immergées dans le même milieu se développent en général deux jours, sans troubles visibles et meurent. Sur la gastrula, cette solution altère les mouvements morphogénétiques, particulièrement l'épibolie. Chez la gastrula à large cavité sous-germinale où l'épibolie est déclenchée (diamètre du disque embryonnaire $= 1^{mm},5$), la solution hypertonique provoque la rétraction du blastodisque qui, après 4 heures d'immersion est revenu à un diamètre comparable à celui d'une blastula ($D = 0^{mm},9$); après 24 heures, le germe forme une boule ressemblant à une morula et, à 72 heures, le vitellus crève; la différenciation se bloque au stade du début de l'expérience. Si après 4 heures (maximum) de séjour dans le Holtfreter concentré on replace les œufs à l'eau courante, l'épibolie repart : en 15 heures, le germe retrouve son diamètre de départ; à 26 heures, l'épibolie rattrape celle des œufs témoins alors que dans le développement normal, le passage du diamètre $0^{mm},9$ au diamètre 2^{mm} prend au moins 48 heures; il y a donc ici accélération considérable de l'épibolie. A 120 heures, la gastrulation se termine avec un embryon normal.

Si les œufs sont traités au Holtfreter hypertonique, quand le disque embryonnaire atteint l'équateur de la sphère vitelline, il ne se produit plus de rétraction. mais un blocage de l'épibolie à ce niveau, définitif par traitement prolongé, passager si, après 6 heures d'immersion, les œufs reviennent dans l'eau.

De semblables résultats s'observent avec du NaCl à 2,1 % ($\Delta = -1°,29$) (correspondant à sa concentration dans le Holtfreter six fois concentré); les

(1) Toutes ces expériences portent sur des œufs intacts, dans leur coque.

œufs peuvent y rester 24 heures et reprendre leur développement dans l'eau. Dans deux cas, après 6 heures d'immersion suivie de remise à l'eau courante, l'épibolie est restée bloquée à demi, tandis que la différenciation repartait. A 110 heures, les embryons de taille et de structure normales débordaient le disque embryonnaire étroit, par leurs deux extrémités.

Les détergents agissent comme les solutions hypertoniques ([2]).

La rétraction du disque embryonnaire correspond à une exogastrulation restreinte n'intéressant que le bouchon vitellin mais non le matériel de la zone marginale qui ne se dévagine pas.

Les solutions hypertoniques liquéfient partiellement ([3]), par leurs cations monovalents, les membranes cellulaires et la pellicule périvitelline. Au cours de l'épibolie, la pellicule tire sur le syncytium vitellin et le germe, provoquant leur étalement. Lorsque la pellicule se ramollit sous l'influence du milieu hypertonique et cesse sa traction, le syncytium, distendu, se rétracterait élastiquement, entraînant avec lui le disque embryonnaire, mais, passé l'équateur, le syncytium aurait subi un allongement définitif et ne pourrait revenir en arrière.

ZOOLOGIE. — *Les* Millotauropus, *types d'un nouveau groupe de Pauropodes.* Note de M. **Paul Remy**, présentée par M. Louis Fage.

Chez tous les Pauropodes adultes décrits jusqu'à ce jour, les antennes sont formées d'une hampe quadrarticulée, à peine télescopable, dont le 4ᵉ article porte 2 rameaux distaux non segmentés. Chez tous, les appendices buccaux des 2 paires (mandibules et maxilles) sont relativement peu développés et ne peuvent que percer et égratigner les proies, aussi ces Myriapodes se nourrissent-ils exclusivement d'aliments fluides. Leur tronc est toujours pourvu de 6 tergites qui, chez les *Brachypauropidæ*, présentent des plages particulièrement épaisses; il porte 8, 9 ou 10 paires de pattes (pp.) à 5 ou 6 articles ([1]) et, chez les ♂, une paire de pénis cunéiformes à la base des pattes II; une paire de trichobothries est insérée sur chacun des tergites troncaux II et VI ou bien (*Brachypauropidæ*) sur de petits sclérites latéro-dorsaux, situés au niveau de ces tergites. Chez aucun Pauropode on n'a observé d'organes respiratoires. Les animaux passent par des stades à 3, 5, 6, 8, 9 et 10 pp.; les pénis appa-

---

([2]) Devillers, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1310-1312.

([3]) Monné, *Ark. f. Zool.*, 39 A, 1947, p. 1-32.

([1]) Les types ayant au maximum 8 pp. n'ont été observés que chez *Allopauropus spinifer* Hansen et chez mes *A.*(?) *microchætus* et *A. doryphorus*. Chacun des 2 premiers n'est connu que par un ♂, le 3ᵉ par 81 individus dont 37 à 8 pp., parmi lesquels je n'ai pu discerner aucun ♂ authentique; les types à 10 pp. n'ont été trouvés que parmi les ♀ de 7 *Allopauropus* et parmi les ♂ et ♀ de mon *Polypauropus Duboscqi*.

raissent chez les ♂ à 8 pp. et sont alors très rudimentaires, sauf chez *Allopauropus spinifer* et *A.* (?) *microchætus* où ils semblent avoir à ce stade leur aspect définitif; ils ne sont achevés et fonctionnels qu'à partir du stade à 9 pp. chez les autres formes.

Les *Millotauropus*, représentés par quatre espèces inédites [*M. Silvestrii* (génotype) et *M. hebetisetosus*, que j'ai trouvés à Madagascar en 1947; *M. Machadoi* et *M. latiramosus*, récoltés en Angola par A. Barros Machado en 1949], diffèrent profondément des types déjà connus. Ces animaux, qui sont parmi les plus grands des Pauropodes (contractés, ils atteignent $1^{mm},75$), sont allongés, fusiformes, la tête bien dégagée du tronc. Leurs antennes ont une hampe sexarticulée, très fortement télescopable, portant deux rameaux : l'un près de l'extrémité distale du 5ᵉ article, l'autre près de celle du 6ᵉ. Tandis que leurs maxilles sont rudimentaires comme ceux des autres Pauropodes, leurs mandibules sont des appendices broyeurs très impressionnants qui rappellent tout à fait ceux des Diplopodes et permettent à l'animal de hacher des aliments solides (tissus végétaux, surtout de Champignons) dont les débris, mêlés parfois à des spores, à de très fines particules minérales et, exceptionnellement, à des poils d'Arthropodes, se retrouvent dans la lumière intestinale. Leur tronc présente 12 tergites et 11 pp. à 5 ou 6 articles et, chez le ♂, une paire de pénis coniques à la base des pattes II; une paire de trichobotries est insérée sur chacun des tergites troncaux II, V, VII, IX, et XI. Contre la face antérieure du coxa de chaque patte I, près de l'articulation coxo-trochantérienne, se trouve un stigmate donnant accès à une poche de laquelle partent deux trachées non ramifiées qui ont été suivies jusque dans la région moyenne de la tête; un appareil trachéen très réduit s'ouvre en position semblable à la base de chacune des autres pattes. J'ai observé des stades à 6, 8, 9, 10 et 11 pp.; les pénis apparaissent chez les individus à 8 pp., où ils sont très rudimentaires; ils sont mieux développés, mais encore inachevés, chez les spécimens à 9 pp., tandis que chez les échantillons à 10 pp., ils semblent identiques à ceux des animaux à 11 pp.

La découverte des *Millotauropus* me conduit à répartir les Pauropodes en deux groupes :

1° *Hexamerocerata* (fam. des *Millotauropidæ*, g. *Millotauropus*), renfermant les formes pourvues de 11 pp. et dont les hampes antennaires, qui sont hexamères, portent deux rameaux insérés : l'un sur l'article V, l'autre sur l'article VI;

2° *Tetramerocerata* (tous les autres Pauropodes), comprenant les formes pourvues de 9 ou 10 pp. et dont les hampes antennaires, qui sont tétramères, portent deux rameaux insérés sur l'article IV.

A en juger par l'aspect de leurs pénis, les Hexamérocérates semblent avoir atteint leur maturité sexuelle dès le stade à 10 pp.; ils acquéraient donc leur 11ᵉ pp. au cours d'une mue postpubérale. Les Tétramérocérates à 10 pp.

paraissent être mûrs dès le stade à 9 pp., et présenteraient, eux aussi, une mue postpubérale; ceux à 9 pp. ont épuisé plus tôt que les précédents leur possibilité évolutive et ne subissent pas cette dernière; *Allopauropus spinifer*, *A. doryphorus* et *A.* (?) *microchætus* seraient plus précoces encore.

Les Hexamérocérates, animaux de grande taille, à puissantes mandibules broyeuses, peuvent passer pour être plus primitifs que les Tétramérocérates, généralement plus petits, à mandibules moins armées, ce qui ne veut pas dire que les premiers soient les ancêtres des seconds ! Divers auteurs pensent que, dans un même phylum d'Arthropodes, les formes à grand nombre de métamères sont plus archaïques que celles qui en ont moins; les *Millotauropus* leur fournissent de nouveaux arguments.

PARASITOLOGIE. — *Présence de rickettsia (coxiella) burneti, chez des tiques de l'espèce* Amblyomma variegatum *recueillies en Afrique Équatoriale française*. Note MM. **Georges Blanc**, **Jean Bruneau** et **Alain Chabaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons fait connaître récemment (1) que des tiques femelles (*Hyalomma dromedarii*) capturées à Goulimine par Ch. Joyeux sur des chameaux venant de Mauritanie étaient infectées et nous émettions l'hypothèse que, de gîte d'étape en gîte d'étape, les dromadaires devaient disperser le virus de la Q. fever à travers le Sahara et l'amener aux frontières de l'Afrique Noire. Sachant avec quelle plasticité *R. burneti* s'adapte aux différents genres d'Ixodidés, il était à prévoir que là où le genre *Hyalomma* s'arrête ou se fait plus rare, alors qu'apparaît le genre *Amblyomma*, ce dernier pourrait prendre la place du précédent comme vecteur du virus de la Q. fever.

Deux essais précédents, l'un avec des *Hyalomma dromedarii* recueillis à Boghé en Mauritanie à la frontière du Sénégal sur chameaux (2), l'autre avec *Amblyomma variegatum* provenant de Guinée (3) ne nous avaient donné que des résultats douteux par suite d'infections intercurrentes (pneumopathie, salmonellose).

Un troisième essai fut plus concluant. Nous recevions le 17 novembre 1949, 27 Amblyomma mâles et femelles qui avaient été capturés par le docteur P. Ziegler le 15 juin 1949 sur un buffle sauvage tué dans la région de Kouloungou, district de Batangaje (A. E. F.). Quoique les tiques fussent mortes, et probablement depuis plusieurs mois, nous avons recherché leur infection sachant la très longue durée de conservation de *R. burneti* dans ces

(1) G. Blanc, L. A. Martin et J. Bruneau, *Annales de l'Institut Pasteur*, 77, 1949, p. 99.

(2) Nous devons ces tiques au Directeur des Services Vétérinaires de Mauritanie.

(3) Envoyés par le docteur M. Mathis.

conditions. Deux cobayes sont inoculés, l'un par voie sous-cutanée, l'autre par voie intrapéritonéale. Chacun reçoit 3^{cm^3} d'une suspension du broyat de 27 Amblyomma dans 6^{cm^3} d'eau physiologique. Le cobaye inoculé à la cuisse meurt le lendemain d'une infection anaérobie. Le cobaye inoculé par voie péritonéale fait une courbe fébrile sans signe d'infection microbienne ([4]). La rate très grosse, pèse $2^g,20$. Un passage est fait à deux cobayes neufs par voie péritonéale et sous-cutanée ainsi qu'à un cobaye guéri de Q. fever marocaine. Ce dernier ne réagit pas, les deux autres font une courbe fébrile du type Q. fever.

Dautres passages, d'autres réactions d'immunité croisée entre les deux virus, celui du Maroc et celui d'A. E. F., précisent encore les premières données. Des passages, par voie péritonéale, à la Souris confirment le diagnostic de Q. fever par la forte splénomégalie (rate de $0^g,45$) et par la présence de nombreuses rickettsies. Enfin le sérum du sang de cobayes, pris un mois après l'inoculation du virus A. E. F., se montre aussi fortement agglutinant pour notre antigène de *R. burnetti* d'origine marocaine que le sérum de cobaye guéri de Q. fever marocaine.

En résumé, nous avons obtenu de la tique *Amblyomma variegatum* ([5]), très commune en Afrique, une souche de *R. burnetti*. Cette souche provenant de l'A. E. F., il y aura lieu de rechercher chez l'Homme dans cette région, l'existence de cas de Q. fever. Cette recherche s'impose particulièrement au Congo Belge et au Congo Français où sous le nom de Fièvre rouge, sont confondues plusieurs rickettsioses.

BIOLOGIE. — *Le développement des neutres chez les Termites supérieurs* (Termitidæ). III. Macrotermitinæ. Note de M. **Charles Noirot**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les *Macrotermitinæ*, ou Termites champignonnistes, présentent des caractères morphologiques relativement primitifs, mais une biologie hautement spécialisée. Le développement des castes s'oppose à celui des autres *Termitidæ* par plusieurs points importants ([1]).

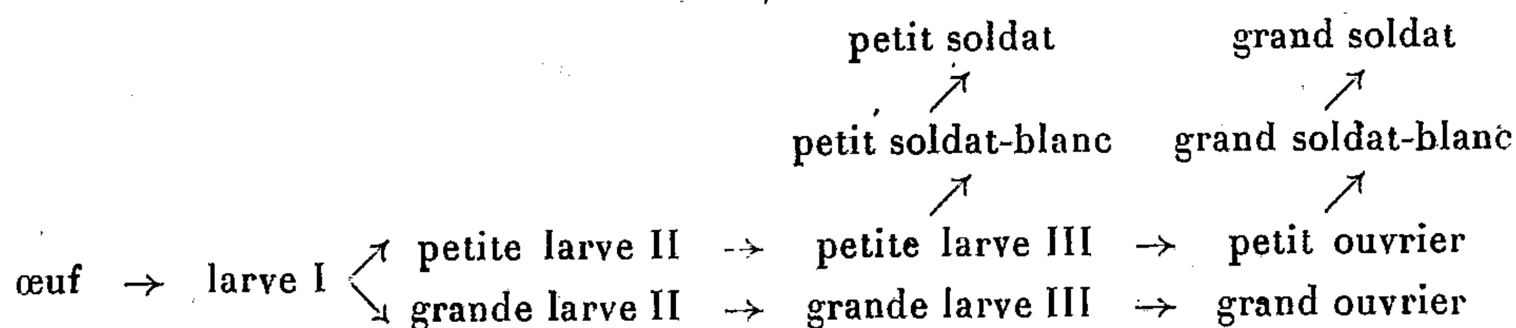
([4]) Il est à noter que le Cobaye se défend mieux contre les anaérobies par voie péritonéale que par voie sous-cutanée ou intramusculaire.

([5]) Rappelons que *R. burnetti* a été isolée par Parker et Kohls (R. R. Parker et M. Glen Kohls, *Public Health Report*, 58, 1943, p. 1510) de *Amblyomma americanum* du Texas et que de Rodaniche a infecté, à Panama, des *A. Cayennense* au stade larvaire; ces tiques se sont montrées infectantes aux stades nymphal et adulte (Enid C. de Rodaniche, *Amer. Journ. Trop. Med.*, 29, 1949, p. 711).

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 600-602 et 2053-2054.

Étudions d'abord *Bellicositermes natalensis* Hav., qui possède deux catégories d'ouvriers et de soldats. L'analyse statistique de la population et les élevages mettent en évidence l'existence de trois stades larvaires successifs : les larves du 1er stade, toutes semblables, au moins en appparence, donnent deux catégories de larves du 2e stade. Les plus grandes muent en grandes larves du 3e stade, qui sont à l'origine des grands ouvriers. Les plus petites produisent les petites larves du 3e stade. Celles-ci forment d'une part les petits ouvriers, d'autre part les petits soldats-blancs (qui muent en petits soldats). Certains petits ouvriers sont à l'origine des grands soldats-blancs et des grands soldats : on trouve en effet, dans le nid, des petits ouvriers à abdomen blanchâtre et légèrement distendu (caractère de sujets sur le point de muer), toujours en petit nombre. Ces individus, mis en élevage, ne tardent pas en effet à muer en grands soldats-blancs. Ces petits ouvriers futurs soldats montrent une chitinisation plus faible que les autres; leurs mandibules présentent des dents à relief aigu, identiques à celles des petits ouvriers qui viennent de sortir de leur mue larvaire; leur évolution est donc fixée au plus tard après la mue qui transforme la petite larve III en petit ouvrier; ces futurs grands soldats, bien que morphologiquement identiques aux petits ouvriers normaux, ne participent pas aux travaux de la colonie et ne sortent pas du nid.

Le schéma suivant résume le développement des neutres :



Si l'on met à part les genres *Acanthotermes* et *Pseudacanthotermes*, tous les *Macrotermitinæ* ont un développement qui se rattache sans peine à celui de *Bellicositermes natalensis*. Toutes les espèces que nous avons étudiées montraient deux catégories d'ouvriers, précédés de trois stades larvaires (le premier étant commun).

C'est pour les soldats que des différences peuvent être notées. Dans les genres possédant deux sortes de soldats (*Bellicositermes, Macrotermes, Ancistrotermes*), les origines respectives de ces deux catégories sont celles que nous venons d'étudier. Toutefois, chez *Ancistrotermes*, les petits ouvriers qui produisent les grands soldats paraissent déterminés plus tardivement, et sont d'abord des ouvriers actifs normaux; en effet, ceux que l'on trouve sur le point de muer en soldats-blancs ont des mandibules très chitinisées et nettement usées.

Dans les genres qui n'ont qu'une seule forme de soldats, celle-ci correspond suivant les cas au petit ou au grand soldat de *Bellicositermes*. Ainsi, chez

Odontotermes, les soldats dérivent des petits ouvriers et sont homologues des grands soldats de *Bellicositermes*; comme dans ce genre, les ouvriers futurs soldats sont déterminés précocement. Au contraire, chez *Microtermes* et *Sphærotermes*, les soldats sont issus de larves du 3e stade et correspondent donc aux petits soldats des *Bellicositermes*.

Ainsi, par l'existence chez les neutres de trois stades larvaires, par l'origine des soldats, les *Macrotermitinæ* forment un groupe homogène, s'opposant nettement aux autres *Termitidæ*.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Régénération postérieure chez* Magalia perarmata *Marion et Bobr.* (*Annélide Polychète Hésionide*). Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Magalia perarmata, Hésionide commun parmi les tubes du Serpulide *Hydroïdes norvegica* (Gunn.) dans le Vieux Port de Marseille, mesure, à l'état adulte, environ 8mm et possède une trentaine de sétigères. A la température de 23°, la régénération de ce Polychète est extrêmement rapide. A tous les niveaux situés derrière la trompe, qui s'étend habituellement dans les 6 premiers sétigères, la régénération postérieure débute par la différenciation, 2 ou 3 jours après la section, du pygidium muni de deux urites. Le bourgeonnement de nouveaux segments sétigères s'effectue ensuite régulièrement, à raison d'un segment par jour au début. Cette régénération se produit aussi bien chez les individus bourrés de produits sexuels.

Quelle est la limite antérieure d'extension du pouvoir de régénération caudale? On distingue habituellement, dans la régénération des Annélides Polychètes et Oligochètes, une *région céphalique*, définie par des particularités anatomiques, qui est seule restituée, totalement ou partiellement, dans la régénération antérieure. La régénération postérieure ne serait possible qu'au delà de cette région céphalique. Chez les Syllidiens, d'après Yo K. Okada (1), la *région céphalique* coïnciderait avec la région de la trompe pharyngienne : les fragments antérieurs sectionnés au niveau de la trompe ne régénèrent jamais postérieurement.

Un fragment antérieur de *Magalia*, comprenant seulement 5 sétigères et contenant la trompe et un morceau d'intestin, régénère postérieurement. Il en est de même pour un fragment de 6 sétigères contenant seulement la trompe sans intestin. La différenciation du pygidium et des nouveaux sétigères peut s'effectuer, sur la face ventrale, avant même que la trompe sectionnée ne soit soudée à la paroi du corps. Ces fragments sans intestin reconstituent un tube digestif, peuvent s'alimenter, mais semblent incapables d'assimiler, faute de tissu endodermique.

(1) *Arch. f. Entw.-Mech. der Org.*, 115, 1929, p. 542.

Enfin, un fragment de l'extrémité antérieure du corps de *Magalia*, comprenant les 4 ou 5 premiers sétigères et ayant complètement expulsé la portion de trompe qu'il contenait, se montre capable de cicatriser, puis de régénérer un pygidium et plusieurs sétigères à parapodes normaux, dans un délai seulement un peu plus long que les fragments sectionnés au niveau de l'intestin. Ces fragments régénérés récupèrent un tube digestif, vraisemblablement purement ectodermique, dont la partie antérieure se différencie même en une trompe, mais dont la portion postérieure présente l'aspect du proctodæum des individus normaux, jamais celui de l'intestin.

Ainsi, chez *Magalia*, *la régénération d'une extrémité postérieure* (pygidium et zone de prolifération de segments) *est possible en l'absence de tissu endodermique et même en l'absence totale de tube digestif*. Une telle indépendance morphogénétique des tissus ecto- et mésodermiques à l'égard de l'endoderme a déjà été démontrée dans la régénération de la tête des Annélides. En ce qui concerne la régénération postérieure, mes expériences corroborent quelques rares observations : queue hétéromorphique sans tube digestif décrite par V. Janda ([2]) chez *Criodrilus* ; différenciation, lors de la stolonisation de certains Syllidiens, de deux moitiés de queue sans tube digestif, qui s'unissent secondairement après la séparation du stolon ([1]).

D'autre part, l'extension du pouvoir de régénération caudale de *Magalia* au niveau de la trompe indique que la *région céphalique* ne comprend pas dans cette espèce, toute la région de la trompe. C'est ce que confirme l'étude de la régénération antérieure, dont les résultats seront présentés ultérieurement.

BIOCHIMIE. — *L'origine du phosphore protéique du lait, étudiée au moyen du radiophosphore*. Note (*) de MM. **Henri Simonnet**, **Paul Bonet-Maury** et **Joseph Sternberg**, présentée par M. Robert Courrier.

La caséine est une phospho-protéine, dont l'élaboration exige un aminoacide phosphorylé, la phospho-sérine. En se limitant à l'origine du phosphore, les sources suivantes sont possibles : phosphates minéraux ([1]), phosphore lipoïdique ([2]), phospho-glucides ([3]) et nucléotides ou amino-acides phosphorylés. Les méthodes chimiques classiques se sont avérées insuffisantes pour trancher la question. Aten et Hevesy ([4]) ont étudié à l'aide du radiophosphore

---

([2]) *Ibid.*, 114, 1929, p. 587.

(*) Séance du 16 janvier 1950.

([1]) W. Lintzell et J. Rechenberger, *Biochem. Ztschr.*, 304, 1940, p. 214.

([2]) E. B. Meigs, J. H. Blackwood et J. D. Stirling, *Phys. Rev.*, 2, 1922, p. 204; *Biochem. J.*, 26, 1932, p. 772.

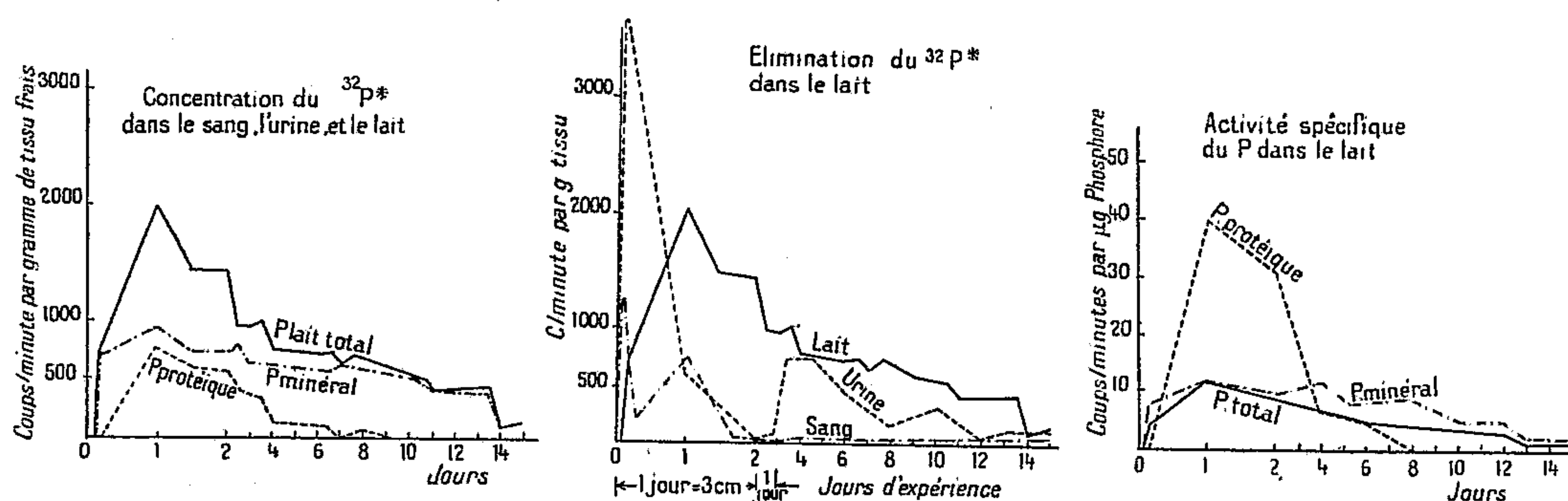
([3]) E. P. Reinecke, M. B. Williamson et C. W. Turner, *J. Biol. Chem.*, 138, 1941, p. 83.

([4]) *Nature*, 142, 1938, p. 111.

la formation du lait chez la Chèvre, en sacrifiant l'animal quatre heures après l'injection et en dosant l'activité de l'extrait lipidique des organes en même temps que celle du lait et du sang.

Nous nous sommes placés dans des conditions différentes. Une chèvre, âgée de 5 ans, pesant 50^{kg}, a été mise en lactation artificielle par implantation, six semaines avant l'expérience, de 250^{mg} de stilbœstrol. Elle reçoit en une seule injection sous-cutanée 4^{cm^3} d'une solution de $^{32}PO_4Na_2H$ à 1 %, d'une activité de 32.10^6 cm. Des échantillons de lait sont prélevés deux fois par jour et des prises d'urine et de sang sont faites quotidiennement. On mesure pour chaque échantillon l'activité du rayonnement β de l'isotope au compteur Geiger-Muller et l'on dose par les techniques chimiques classiques, le P total, minéral, protéique et lipidique.

Le $^{32}_{15}P$ apparaît dans l'urine dès la première heure, le maximum est atteint vers la quatrième, l'élimination décroît ensuite rapidement et se maintient à un taux faible avec des fluctuations irrégulières, pour disparaître le 15ᵉ jour. L'activité du sang passe par deux maxima, 30 minutes et 24 heures après l'injection, et atteint le 2ᵉ jour un niveau très bas, mais constant. L'apparition du P marqué dans le lait est plus tardive (2ᵉ à 4ᵉ heure), le maximum est atteint au plus tard la 24ᵉ heure, la décroissance est ensuite régulière pendant les 15 jours de l'expérience.



L'analyse chimique des échantillons de lait montre que l'injection de radiophosphore ne modifie ni la composition du lait, ni la concentration en P de ses différentes fractions. Le dosage du $^{32}_{15}P^*$ dans les constituants du lait conduit aux constatations suivantes :

1° Le P marqué apparaît d'abord exclusivement dans les phosphates minéraux.

2° Le radiophosphore n'est décelable dans la caséine que dans la prise de 24 heures.

3° Le P lipoïdique s'est toujours montré dépourvu de radioactivité.

4° On ne décèle plus la présence du $^{32}_{15}P^*$ de la caséine à partir du 7ᵉ jour, alors que le lait total et le P minéral sont radioactifs jusqu'au 15ᵉ jour.

5° La quantité de $^{32}_{15}P^*$ retrouvée dans la caséine représente 23 % du P marqué éliminé dans le lait.

Si l'on étudie le rapport du radiophosphore protéique au radiophosphore total éliminé, on constate qu'il est élevé les trois premiers jours et diminue ensuite rapidement, pour s'annuler vers le 7e ou 8e jour.

Le rapport $^{32}_{15}P^*/\mu g P$ (activité spécifique) considéré dans les différentes fractions, montre une décroissance lente et régulière pour la fraction minérale et une décroissance rapide (3e jour) pour la fraction protéique.

Les résultats de notre expérience sont en accord avec ceux de Aten et Hevesy en ce qui concerne l'absence du $^{32}_{15}P^*$ dans les phosphatides et son apparition rapide dans le P minéral. Quant à la présence un peu plus tardive du radiophosphore dans la caséine (4 à 5 heures au lieu de 0 à 2 heures), elle peut tenir à la différence de dose de $^{32}_{15}P^*$ injecté, qui dans notre cas était probablement cent fois plus faible. Aten et Hevesy sont d'avis que la mamelle utilise, pour synthétiser la caséine, le P minéral fourni par le plasma sanguin. En outre, ils constatent une activité spécifique relativement élevée des phospholipides mammaires.

Conclusion. — 1° Dans les conditions de notre expérience, le $^{32}_{15}P^*$ minéral n'intervient pas dans la formation du P lipidique du lait.

2° Par contre, le $^{32}_{15}P^*$ minéral est utilisé dans la synthèse de la caséine. On peut être frappé par le fait que la mamelle continue à éliminer du $^{32}_{15}P^*$ minéral, alors que la caséine n'en contient plus. Si le P minéral était directement intégré dans la molécule de sérine, on devrait constater une formation continue de caséine tant que le radiophosphore est éliminé dans le lait. Tout se passe comme si l'élément marqué apporté à la mamelle par le sang était intégré dans une substance intermédiaire, qui se formerait en quantité limitée et à partir de laquelle l'élaboration de la caséine se réaliserait. Cette substance préformatrice pourrait être un phospholipide (comme le soutiennent Meigs et Blackwood), et que les données de l'expérience d'Aten et Hevesy sur la forte activité spécifique relative des phospholipides mammaires laissent indiquer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des narcotiques sur le métabolisme du cerveau.* Note de M. **Albert-Jean Rosenberg**, Mme **Leya Buchel**, Mlles **Nicole Etling** et **Jeanne Lévy**, transmise par M. Jacques Duclaux.

De nombreux auteurs, particulièrement Quastel et ses collaborateurs, ont étudié l'influence des narcotiques sur la consommation d'oxygène des coupes de cerveau en présence de glucose ou d'autres métabolites. Ils ont trouvé que l'absorption d'oxygène, dans l'appareil de Warburg, est fortement diminuée en présence de narcotiques. Michaelis et Quastel (1) pensent que l'inhibition

(1) *Biochem. J.*, 35, 1941, p. 518.

se porte sur un transporteur dans le système succinoxydase-cytochromoxydase. Nous avons repris cette étude, parce qu'il nous semblait que la seule mesure de l'absorption d'oxygène est insuffisante et qu'en établissant le bilan entre l'oxygène absorbé, le glucose consommé et l'acide lactique formé, nous pourrions obtenir plus de renseignements sur l'action des narcotiques.

On place les coupes du cortex cérébral de Rat dans la solution saline de Krebs glucosée, avec ou sans narcotique. Après avoir mesuré l'absorption d'oxygène dans les manomètres de Warburg, on dose, dans le contenu des fioles, le glucose (Hagedorn-Jensen), l'acide lactique (Lieb-Zachel ou par le dégagement de CO_2) et l'acide pyruvique (Jowett et Quastel). Vol. $3^{cm^3},0$; + $0^{cm^3},2$ KOH à 10 %; Gaz : O_2; T. 37°. Le broyat de cerveau est préparé dans le broyeur de Potter. Les narcotiques sont en contact avec le cerveau pendant 20 minutes avant l'expérience.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-joint.

I. — COUPES CERVEAU DE RAT.

A. — *Aérobiose.*

	QO_2 1re heure.	Glucose consommé (γ/cm³ milieu).	Acides : lactique formé par mg tissu sec.	Acides : pyruvique formé en 1 h. 30
Coupes cerveau normal	14,7	19,7	7,35	0,50
» + 0,3 mg/cm³ sonéryl	7,5	27,2	20,1	0,24
» + 1,5 mg/cm³ chloral	8,4	36,1	22,6	0,075
» normal (*)	11	25	10,3	0,50
» + 0,9 mg/cm³ gardénal	4,9	30,5	20,2	0,32
» + 0,6 mg/cm³ chlorétone	5,1	45,5	29,5	–

B. — *Anaérobiose.*

Coupes cerveau normal	1,1	31,2	22,3	0,087
» + 0,3 mg/cm³ sonéryl	0,7	36,7	24,3	0,09

II. — BROYAT CERVEAU DE RAT.

Aérobiose.

Broyat cerveau normal	1,5	14,7	8,1	–
» + 0,3 mg/cm³ sonéryl	1,05	21	13	–

(*) Conditions expérimentales un peu différentes.

1° Pour obtenir une inhibition de 50 % de l'absorption d'oxygène, il faut, par centimètre cube de milieu, $1^{mg},5$ de chloral, $0^{mg},9$ de gardénal, $0^{mg},6$ de chlorétone et $0^{mg},3$ de sonéryl. Ces chiffres correspondent à des différences de l'activité physiologique des narcotiques.

Le fait important est que, malgré la diminution de l'absorption d'oxygène,

la consommation de glucose, en présence de narcotiques provoquant 50 % d'inhibition, augmente d'environ 50 %, en même temps qu'il se forme environ 180 % d'acide lactique de plus. Le surplus de glucose consommé se transforme en acide lactique. Quastel (²) et d'autres auteurs comme Fuhrman et Fields (³) n'ont vu dans l'influence des narcotiques sur le métabolisme du cerveau *in vitro*, que l'arrêt de l'oxydation. D'après nos résultats, sous l'influence de narcotique, la respiration est remplacée par la glycolyse. Cette interprétation est d'autant plus justifiée que les quantités de glucose consommé et d'acide lactique formé, en anaérobiose, sont identiques à celles qui sont trouvées en aérobiose et en présence de narcotiques. De plus, le narcotique, à la même concentration, n'influence aucunement la glycolyse.

D'autre part, les narcotiques favorisent aussi la disparition de l'acide pyruvique. Les mêmes résultats sont obtenus avec le broyat de cerveau.

En résumé, l'influence des narcotiques sur les coupes ou sur le broyat de cerveau se manifeste par une augmentation de la consommation du glucose, par une augmentation de la formation de l'acide lactique (⁴) et, simultanément, par une diminution de la respiration. L'action des narcotiques se traduit donc par l'apparition de la glycolyse. Ils se comportent comme des inhibiteurs de l'effet Pasteur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les antipodes optiques de l'acide aspartique comme source d'azote et de carbone pour diverses bactéries* (¹). Note de M. **Jacques Nicolle** et Mlle **Yvonne Joyeux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons utilisé notre milieu synthétique habituel (²) dans lequel la source d'azote ou de carbone était constituée par l'un des antipodes optiques de l'acide aspartique.

1. Nous donnons ci-après un tableau résumant les résultats de nombreuses expériences réalisées chacune avec diverses souches de plusieurs espèces microbiennes. Étuve 37°C.

(²) *Trans. Far. Soc.*, 39, 1943, p. 348.

(³) *J. Pharm. Exp. Ther.*, 77, 1943, p. 392.

(⁴) Stone, *Bioch. J.*, 32, 1938, p. 1908. Stone a dosé, *in vivo*, moins d'acide lactique dans le cerveau de souris après l'injection de narcotique, que dans le cerveau normal. Nous discuterons ultérieurement ce résultat.

(¹) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(²) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur*, 67, 1941, p. 177.

Espèces bactériennes.	Acide aspartique comme sources d'azote et de carbone					
	$l(-)$.		$d(+)$.		dl.	
	Azote.	Carbone.	Azote.	Carbone.	Azote.	Carbone.
1. Salmonella enteritidis (ex Typhi murium)	+24	+48	+72	—	+24	+48
2. E. Coli Monod	+24	+48	+144	—	+24	+48
3. Gärtner Hornus	+24	+120	24 x	—	+24	+120
4. Paratyphique B. Jourdan	+24	+120	+48	—	+24	+120
5. Pyocyanique MS mélanogène	o	+120	o	—	o	+120
6. Friedländer B	+24	+72	—	—	+24	+72
7. Subtilis Bromborough	+24	72 x	48 x	—	+24	72 x
8. Proteus. X. 19	+24	+72	—	—	24 x	+72
9. Morgan IF	—	—	—	—	—	—
10. Morgan I	—	—	—	—	—	—
11. Paratyphique A Rivoley	72 x	—	—	—	72 x	—
12. Eberth. H. 901. Lister	+24	+312	+24	—	+24	+312
13. Flexner. X	+48	192 x	—	—	+192	192 x
14. Shiga. 35	+24	+120	—	—	+24	+120

Nota. — + indique une croissance totale et le chiffre placé à droite, le nombre d'heures pour l'atteindre; — indique qu'il n'a pas été constaté de croissance; o indique qu'il n'y a pas eu d'expérience réalisée dans ce cas; x indique une croissance totale inférieure à celle du témoin.

L'antipode naturel est l'acide $l(-)$ aspartique.

1° L'acide $l(-)$ aspartique est utilisé comme source d'azote par 11 espèces sur 13, et comme source de carbone par 11 espèces sur 14.

2° L'acide $d(+)$ aspartique est utilisé comme source d'azote par 6 espèces sur 13; alors qu'il n'est utilisé par *aucune* des espèces envisagées comme source de carbone.

3° L'acide *dl* aspartique est utilisé comme source d'azote par 11 espèces sur 13, et comme source de carbone par 11 espèces sur 14.

2. Des études plus précises nous ont permis de tracer les courbes que nous donnons ci-dessous et qui montrent les variations de croissance par des mesures de densité optique effectuées au moyen de l'électrophotomètre de Meunier.

La souche utilisée était la *Salmonella enteritidis* (ex *Typhi murium*).

3. Étant donné que l'acide $d(+)$ aspartique n'est utilisé comme source de carbone par *aucune* des espèces envisagées alors, qu'il l'est par certaines comme source d'azote, nous avons voulu mettre en évidence la différence du mode d'action. Nous avons choisi comme exemple la *Salmonella enteritidis*. Au

moyen de l'appareil de Warburg, nous avons pu constater une décarboxylation de l'acide $l(-)$, alors que l'acide $d(+)$ n'en présente pas.

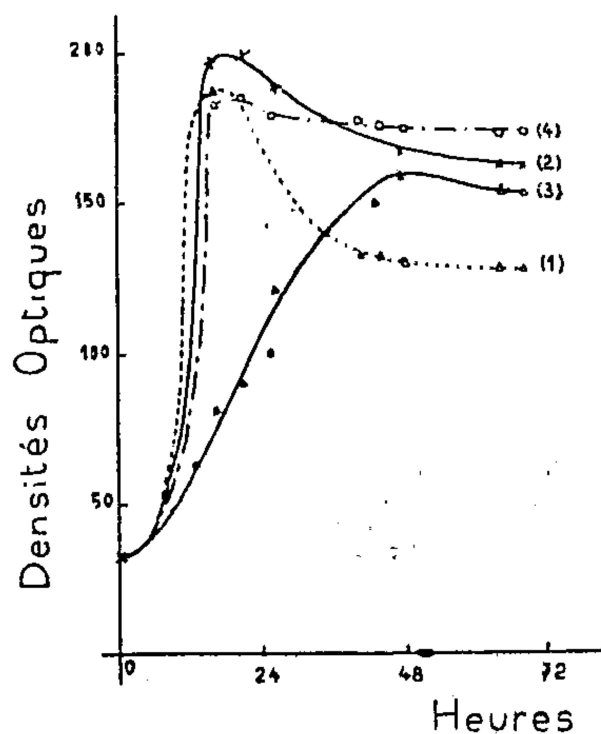


Fig. 1. — Sources d'azote.

(1), sulfate d'ammoniaque; (2), acide $l(-)$ aspartique; (3), acide $d(+)$ aspartique; (4), acide *dl* aspartique.

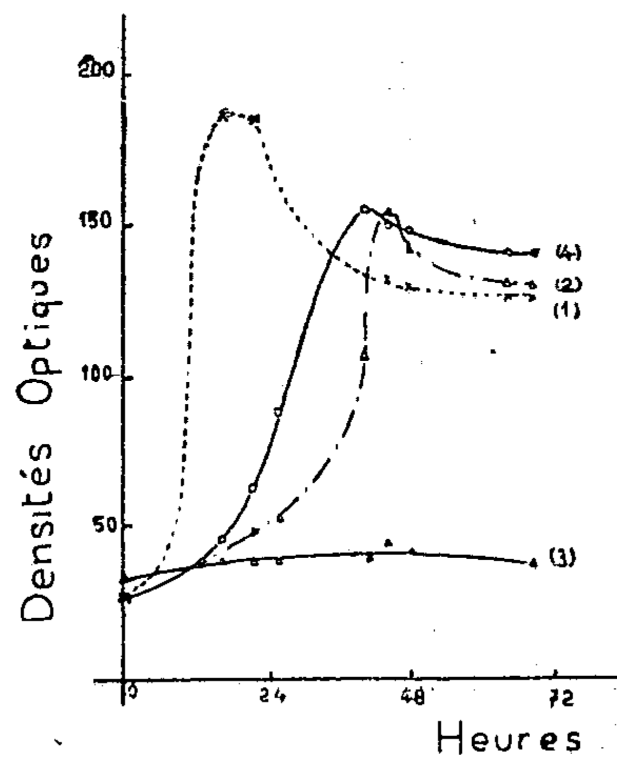


Fig. 2. — Sources de carbone.

(1), glucose; (2), acide $l(-)$ aspartique; (3), acide $d(+)$ aspartique; (4), acide *dl* aspartique.

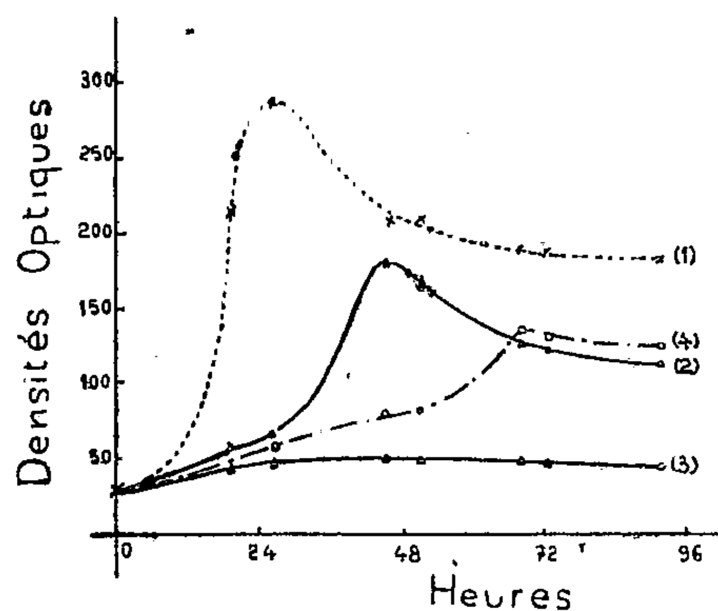


Fig. 3. — Sources d'azote et de carbone.

(1), sulfate d'ammoniaque; (2), acide $l(-)$ aspartique; (3), acide $d(+)$ aspartique; (4), acide *dl* aspartique.

Une étude générale du mécanisme de l'utilisation des antipodes de différents acides-aminés par certaines bactéries est actuellement en cours.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution chimique de l'asiaticoside et notamment de l'acide asiatique.* II ([1]). *Sur quelques nouveaux dérivés de l'acide asiatique.* Note (*) de Mme **Judith Polonsky**, transmise par M. Jacques Duclaux.

L'acide asiatique résulte de l'hydrolyse de l'asiaticoside, substance cristallisée isolée de *Centella asiatica* Urban de Madagascar ([2]). Une Note antérieure ([1]) a été consacrée à l'étude des réactions des 3 hydroxyles de l'acide asiatique et à la préparation de quelques-uns de leurs dérivés. A la suite des résultats jusqu'ici obtenus, l'acide asiatique paraît être un acide triterpénique $C_{30}H_{48}O_5$ (I*a*) possédant, outre la fonction acide, 3 hydroxyles dont 2 sont situés sur des carbones voisins; la coloration, quoique très faible, obtenue par action du tétranitrométhane sur l'ester méthylique, a indiqué l'existence probable d'une double liaison.

La présente Note met en évidence la présence d'une double liaison inerte et décrit la préparation de l'aldéhyde et de l'alcool asiatique.

I. La présence d'une *double liaison* est démontrée par la préparation d'une *cétone α, β insaturée* (IV*a*). En effet, l'acide triacétyl-asiatique (I*c*) oxydé à froid, en solution benzène-acide acétique, par l'acide chromique, fournit une substance acide (IV*b*), bien cristallisée qui fond à 270-274° ([3]),

$$\alpha_D = +60°,8[(CHCl_3)\, c = 1,27].$$

P. M. par alcalimétrie : trouvé 633, calculé pour IV*b*-628. Une molécule nécessite pour sa saponification $2^{mol},78$ de KOH. Cette substance présente le spectre d'absorption caractéristique d'une cétone α, β insaturée de la série triterpénique ([4]) ($\lambda_{max} 250^{m\mu} \log.\varepsilon = 4,15$). $C_{36}H_{52}O_9$, calculé : C 68,76 %, H 8,33 %, trouvé : C 68,61 %, H 8,46 %.

L'ester méthylique (IV*c*) cristallisé fond à 258-264°. $\alpha_D = +54°,9$ $[CHCl_3)c = 1,02]$. $C_{37}H_{54}O_9$, calculé %, C 69,12; H 8,48; OCH_3 4,82; trouvé %, C 68,79; H 9,02; OCH_3 5,12. Ce corps présente le même spectre d'absorption dans l'U. V. que la substance (IV*b*). Les corps (IV*b*) et (IV*c*) fournissent par saponification (IV*a*) et (IV*d*) amorphes. Analyse de (IV*d*), $C_{31}H_{48}O_6$, calculé %, C 72,05; H 9,36; trouvé %, C 71,66; H 9,19.

La double liaison de (I*b*) est très résistante à l'hydrogénation catalytique, même dans des conditions énergiques (PtO_2 d'Adams, 100^{atm}, 150°).

(*) Séance du 23 janvier 1950.

([1]) J. Polonsky, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1450.

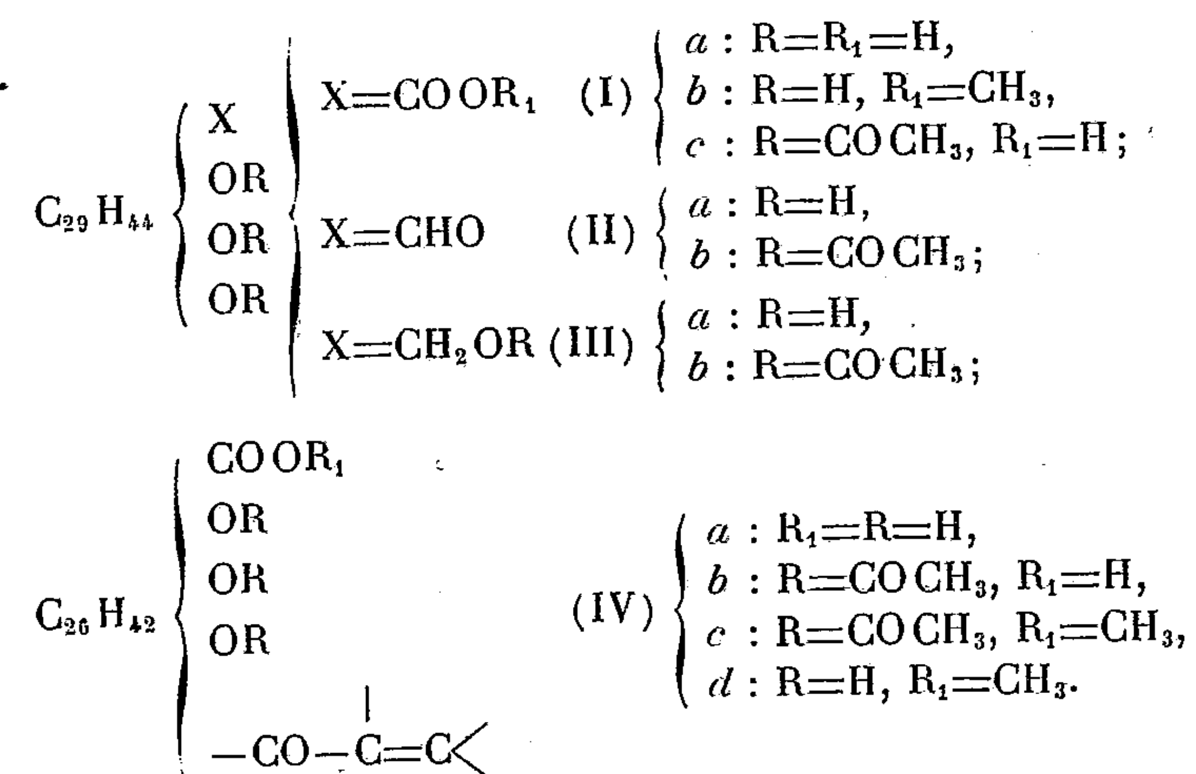
([2]) P. Boiteau, A. Buzas, E. Lederer et J. Polonsky, *Nature*, 163, 1949, p. 258; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 46.

([3]) Tous les points de fusion de ce travail sont corrigés.

([4]) L. Ruzicka, Cl. Nisoli et O. Jeger, *Helv.*, 29, 1946, p. 2017.

II. *Aldéhyde asiatique* (II *a*). — L'acide triacétyl-asiatique (I*c*) est transformé en aldéhyde par la réaction de K.-W. Rosenmund ([5]). L'aldéhyde est isolé au moyen du réactif P de A. Girard et G. Sandulesco ([6]) et chromatographiée sur alumine neutralisée. On obtient l'aldéhyde triacétylée (II*b*) sous forme de beaux prismes F 165°. $\alpha_D = +38°,7$ [$(CHCl_3)c = 0,94$] $C_{36}H_{54}O_7$, calculé %, C 72,20; H 9,09; trouvé %, C 71,93, H 9,28. L'aldéhyde (II*b*) donne facilement une *semi-carbozone* (gros prismes F 216-220°) $C_{37}H_{57}O_7N_3$, calculé %, N 6,41; trouvé %, N 6,63.

La saponification de (II *b*) nécessite 3[éq] de KOH et fournit l'*aldéhyde asiatique* (II *a*), F 218-220° $C_{30}H_{48}O_4$, calculé %, C 76,22; H 10,24; trouvé %, C 75,88; H 10,17. $\alpha_D = +58°,00$ [$(CHCl_3)c = 1,05$].



$C_{26}H_{42}$ { $COOR_1$, OR, OR, OR, $-CO-\overset{|}{C}=C<$ } (IV) { *a* : $R_1=R=H$, *b* : $R=COCH_3$, $R_1=H$, *c* : $R=COCH_3$, $R_1=CH_3$, *d* : $R=H$, $R_1=CH_3$. }

III. *Alcool asiatique* (*asiaticol*), III *a*. — On l'obtient par action de l'hydrure double d'Al et Li ([7]) soit en solution éthérée sur l'acide asiatique (I *a*) ou sur son ester (I *b*), soit même, en solution dans la N-éthylmorpholine, sur l'asiaticoside. Le produit de réaction est acétylé par l'anhydride acétique à chaud et chromatographié sur l'alumine neutralisée. On isole une substance neutre bien cristallisée. F 168-170° (III *b*), $\alpha_D = +40°,32$ [$(CHCl_3)c = 1,40$], ne possédant pas de méthoxyle et nécessitant pour sa saponification 4 équivalents de KOH. $C_{38}H_{58}O_4$, calculé %, C 70,99; H 9,09; trouvé %, C 70,81, H 8,92.

L'asiaticol est ainsi caractérisé par son tétraacétate.

La saponification de III*b* fournit l'*asiaticol* (III*a*) qui, cristallisé dans l'acétate d'éthyle, fond à 195°, $\alpha_D = +61°,2$[$(CHCl_3)c = 1,14$] et cristallisé dans le benzène fond à 163°, $\alpha_D = +53°,4$[$(CHCl_3)c = 1,26$]. Les analyses

---

([5]) *Ber.*, 51, 1918, p. 585; 55, 1922, p. 609; 56, 1923, p. 1481.

([6]) *Helv. Chim. Acta*, 19, 1936, p. 1095; pour l'application à l'isolement d'aldéhyde, *voir* : E. Lederer et G. Nachmias, *Bull. Soc. Chim.*, 19, 1949, p. 400.

([7]) R.-F. Nystrom et V.-G. Brown, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1197 et 2548.

élémentaires de l'asiaticol ont toujours donné des chiffres trop faibles en carbone, variant de 72,92 % à 74,27 % (au lieu de 75,90 % pour III*a*). Nous comptons revenir sur les raisons de ces écarts.

En résumé : L'obtention d'une cétone α, β insaturée par oxydation de l'acide triacétyl-asiatique par l'acide chromique prouve la présence d'une double liaison dans l'acide asiatique. La présence d'un carboxyle est confirmée par sa réduction en aldéhyde et alcool.

PHARMACOLOGIE. — *L'élimination du carbométhoxyle et de l'oxhydrile de la yohimbine modifie-t-elle les effets pharmacologiques essentiels de cet alcaloïde ?* Note de M. RAYMOND-HAMET, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La molécule de la yohimbine est constituée essentiellement par un squelette pentacyclique qu'on peut considérer comme le résultat de la copulation des groupements tétrahydrocarbazol et décahydroisoquinoline, accessoirement par un carbométhoxyle et un oxhydrile alcoolique fixés l'un et l'autre sur le noyau non azoté du groupement décahydroisoquinoline.

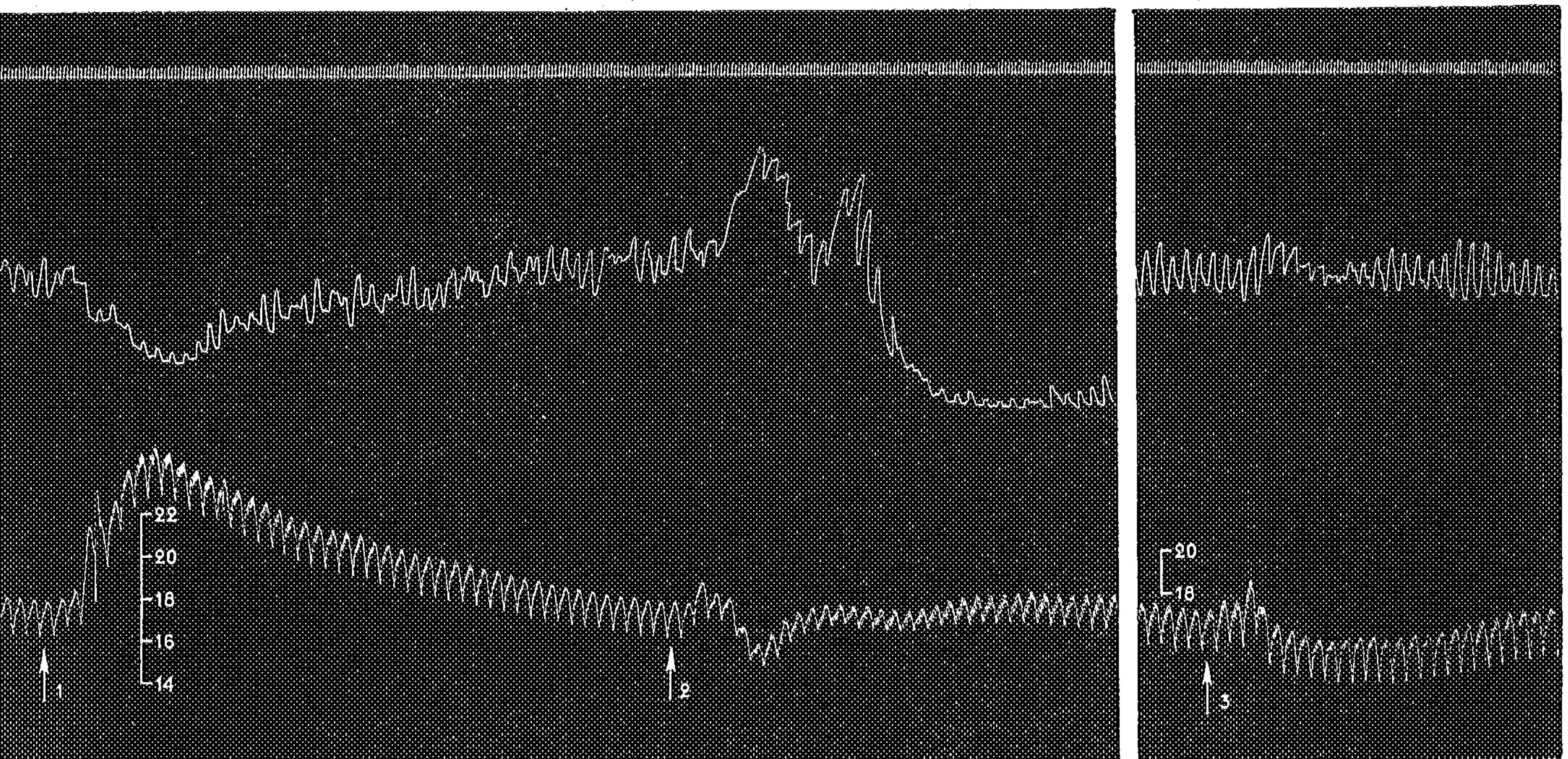
G. Barger et E. Field [1] ont réussi à éliminer le groupement oxhydrile et à préparer la déoxyyohimbine. Puis B. Witkop [2] a pu séparer de la yohimbine son groupement carbométhoxyle et obtenir le yohimbol. Mais ce n'est que tout récemment que J. Jost [3] a pu débarrasser le squelette de la yohimbine de ses deux substituants et réaliser ainsi le corps que F. Mendlik et J. P. Wibaut [4] avaient désigné d'avance sous le nom de yobine.

Le Professeur Schlittler ayant mis à notre disposition 500^{mg} de cette rare substance que son collaborateur Jost avait décrite sous la dénomination de Yohimbane, nous avons pu nous convaincre, par de nombreux essais sur le Chien, que ses effets physiologiques essentiels, et plus particulièrement son pouvoir sympathicolytique, diffèrent peu de ceux de la déoxyyohimbine et du yohimbol qui sont eux-mêmes très voisins de ceux de la yohimbine.

C'est ainsi que, dans un essai (*figure*) l'injection de 0^{mg},01 de bitartrate d'adrénaline avait initialement élevé la pression carotidienne de 179 à 252, soit 73^{mm} de Hg et provoqué une chute marquée du tonus de l'intestin en même temps qu'une inhibition totale du péristaltisme de cet organe.

Après l'injection de 4^{mg} de chlorhydrate de yobine (ou yohimbane) par kilogramme, la pression carotidienne s'éleva passagèrement de 177 à 185^{mm}, puis s'abaissa jusqu'à 156^{mm} et enfin remonta au voisinage de son niveau initial par

(1) *Journ. of the chem. Soc.*, 1923, p. 1038.
(2) *Liebig's Ann. d. Chemie*, 554, 1943, p. 83.
(3) *Helvet. chim. Acta*, 32, 1949, p. 1297.
(4) *Rev. des Trav. chim. des Pays-Bas*, 50, 1931, p. 91.



Expérience du 24 septembre 1949. — Chien de 8kg, anesthésié par le chloralose (12cg par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne, temps en secondes; 2e ligne : oncogramme; 3e ligne : tensiogramme carotidien. On a injecté dans la saphène, aux points marqués par les flèches 1 et 3, 0mg,001 de bitartrate d'adrénaline pure de Hoechst, au point marqué par la flèche 2, 32mg de chlorhydrate de yobine (yohimbane) dissous dans 16cm³ d'eau additionnée après cette dissolution de 128mg de chlorure de sodium. Tracé réduit de moitié.

des oscillations successives qui la firent passer à 175, 172, 180, 179 et finalement 172^{mm} de Hg. Sur l'intestin, on constata, dans une première phase, une forte action motrice se traduisant par deux hausses successives du tonus séparées l'une de l'autre par un retour de ce tonus à son niveau initial, dans une seconde phase une action inhibitrice se révélant par une forte chute du tonus et par un arrêt temporaire total du péristaltisme.

Quand l'animal eût été ainsi soumis à l'action de la yobine, on constata qu'à la suite de l'injection de la même dose d'adrénaline qu'au début de l'expérience, la pression carotidienne, après une hausse légère et très passagère qui l'éleva de 172 à 186^{mm}, s'abaissa à 158, soit à 14^{mm} au-dessous de son niveau initial, puis revint progressivement au voisinage de ce dernier. Sur l'intestin, on observa une nette augmentation du tonus, l'action inhibitrice de l'adrénaline ne se manifestant plus que par une réduction de l'amplitude des contractions intestinales. Ainsi donc, à la dose de 4^{mg} par kilogramme, la yobine a non seulement inversé l'action hypertensive d'une dose moyenne d'adrénaline, mais encore supprimé presque totalement ses effets intestino-inhibiteurs.

IMMUNOCHIMIE. — *Influence des polymères hydrosolubles sur la réaction de précipitation spécifique. Action des polyéthylène-glycols.* Note (*) de MM. **Eugène Neuzil**, **Jean Marquevielle** et **Francis Tayeau**, transmise par M. Henri Devaux.

Les polyéthylène-glycols, de formule générale



$$HO\,H_2C-(CH_2-O-CH_2)_n-CH_2OH,$$

constituent une série de composés liquides ou cireux, dont les masses moléculaires s'échelonnent de 200 ($n=3$) à 6000 ($n=135$) (1). Ces produits se dissolvent parfaitement dans l'eau pure et dans les solutions aqueuses faiblement salines; ils conviennent donc tout particulièrement pour étudier, dans la réaction de précipitation antigène-anticorps, l'influence éventuelle de molécules non spécifiques de dimensions variables.

Les polyéthylène-glycols de poids moléculaire inférieur à 2000, même à une concentration assez élevée (5 %), ne modifient pas la réaction de précipitation spécifique : la vitesse de floculation, le phénomène de zone et l'abondance du floculat demeurent identiques. Au contraire, le Carbowax 4000 et surtout le Carbowax 6000 augmentent notablement la vitesse de précipitation spéci-

(*) Séance du 23 janvier 1950.

(1) Les termes supérieurs des polyéthylène-glycols sont couramment désignés sous le nom de *Carbowax*, suivi d'un chiffre indiquant la valeur de leur poids moléculaire moyen.

fique ([2]). L'accélération obtenue est proportionnelle à la concentration en polymère, mais la réaction ne conserve ses caractères de spécificité stricte que si la teneur en polyéthylène-glycol n'excède pas 3 %. Pour cette dernière concentration, un sérum antidiphtérique de Cheval, par exemple, précipite l'anatoxine correspondante en 40 minutes, alors que le témoin, qui ne contient pas de polymère, ne flocule qu'en 110 minutes. Dans le même système, le coefficient d'accélération ([3]) amené par le Carbowax augmente progressivement lorsqu'on passe de la région d'excès d'antigène à la zone d'équivalence, puis à la région d'excès d'anticorps (β-titration de Ramon); ceci entraîne souvent un déplacement de la zone de primofloculation et, dans tous les cas, un élargissement considérable de la région d'équivalence aux dépens de la région d'excès d'anticorps.

Lorsqu'on utilise l'α-titration de Dean et Webb (immunsérum de Lapin), le déplacement et l'élargissement de la zone des proportions optima se font aux dépens de la région d'excès d'antigène; avec l'α et la β-titration, l'élargissement de la zone d'équivalence se fait donc aux dépens de la région la plus riche en protéines.

L'action accélérante du Carbowax 6000 se manifeste dans tous les systèmes précipitants que nous avons étudiés quels que soient l'origine zoologique de l'anticorps (immunsérum de Cheval ou de Lapin), son état de pureté (immunsérum total, fractions globuliniques purifiées) et l'antigène employé (anatoxines, ovalbumine, protéines sériques diverses).

Le Carbowax 6000 présente la même action qu'on l'introduise dans le mélange définitif avec l'antigène ou bien avec l'anticorps; l'accélération est, au contraire, bien moins marquée lorsqu'on ajoute le polymère dans le mélange antigène-anticorps préalablement effectué.

Si l'on garde une proportion relative d'antigène et d'anticorps définie et si l'on dilue artificiellement le système immunologique de manière à retarder la floculation du témoin, le coefficient d'accélération apporté par une concentration fixe de Carbowax demeure identique quelle que soit la dilution des agents spécifiques.

Le précipité spécifique est un peu plus abondant en présence du polymère, mais sa teneur en azote ne varie pas.

La perte de spécificité de la réaction antigène-anticorps, pour les concentrations élevées en Carbowax, doit être rattachée à la précipitation directe de certaines fractions protéidiques par le polymère; ce sont les fractions globuli-

---

([2]) Nous avons obtenu des résultats très comparables avec un polymère d'oxyde d'éthylène de poids moléculaire 3000-3500, dont les chaînes sont terminées par un radical aromatique (Scurol R. P.).

([3]) Rapport du temps de floculation du mélange témoin au temps de floculation du mélange homologue contenant le polymère.

niques du sérum qui se montrent les plus sensibles. Nous avons pu établir, de plus, que le précipité obtenu dans un sérum antidiphtérique de Cheval en présence de fortes concentrations en Carbowax 6000 (10 %) contient la presque totalité des anticorps précipitants.

L'action des polyéthylène-glycols de haut poids moléculaire sur la vitesse de précipitation de l'antigène par l'anticorps met en évidence le rôle important joué par les forces d'attraction non spécifique au cours de la deuxième phase de la réaction de précipitation spécifique.

A $15^h 40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 2 janvier 1950.)

Note présentée le 5 décembre 1949, de M. *Georges Valiron*, Sur les valeurs déficientes des fonctions méromorphes d'ordre nul :

Page 40, 31e ligne, *ajouter* $+ O(\log r)$ au second membre de (3).

» 41, 7e ligne, *au lieu de* dès que r est assez grand, *lire* pour des r indéfiniment croissants.

Page 41, 35e ligne et page 42, 2e ligne, *au lieu de* $O[W(r)]$, *lire* $o[W(r)]$.

» 42, 1re ligne, *au lieu de* $hW(r)$, *lire* $hT(r)$.

(*Comptes rendus* du 9 janvier 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Pierre Revirieux*, Manifestations de la couche E sporadique sur ondes métriques en 1949, et observation d'un souffle concomitant :

Page 200, 17e ligne, *au lieu de* on assistera, *lire* on assista.

» » 32e et 33e lignes, *au lieu de* les réceptions de stations sur 145 Mc/s, *lire* les réceptions de stations sur 50 Mc/s.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1950.

Almanach des sciences 1950, publié sous la direction de René Sudre. Paris, Éditions de Flore, 1950; 1 vol. 20cm.

Collection : *Esprit et Méthode. Le déclin des absolus mathématico-logiques*, par Georges Bouligand et Jean Desgranges. Paris, Société d'édition d'enseignement supérieur. 1949; 1 vol. 19cm.

Collection de physique mathématique. Fasc. 5. *La mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules*, par Louis de Broglie. Deuxième édition. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 25cm.

Union internationale des sciences biologiques. *Le rôle des anaérobies dans la nature*. IIe Congrès international des microbiologistes de langue française. Bruxelles, 23-27 mai 1949. Paris, Secrétariat de l'U. I. S. B., 1949; 1 vol. 24cm (présenté par M. L. Fage).

Faune de l'Empire français. XII. *Poissons de la Guyane française*, par Joseph Pujo. Paris, Office de la recherche scientifique Outre-Mer et Librairie Larose, 1949; 1 vol. 28cm (présenté par M. L. Fage).

Déformations terrestres. Considérations sur les variations de vitesse de la terre et sur quelques-unes des conséquences qui en découlent, par Robert Tournier. Paris, Société d'édition d'enseignement supérieur, 1948, 1 vol. 24cm (présenté par M. D. Cot).

Leçons de chimie organique. T. I. *Chimie générale organique. Hydrocarbures*, par Charles Prévost. Paris, Société d'édition d'enseignement supérieur, 1949; 1 vol. 25cm,5.

Académie royale de Belgique. Classe des sciences. *Mémoires*. T. XXIV. Fasc. 3. Documents pour l'étude de la formation de liquides mucilagineux ou laticifères chez les végétaux et celle des rapports entre les liquides mucilagineux, résinifères et caoutchoutifères : *Les liquides laticifères et mucilagineux chez les moracées*, par Émile De Wildeman. Bruxelles, Palais des Académies, 1949; 1 vol. 25cm,5.

Institut de France, Académie des sciences. *Notices et Discours*. T. II, 1937-1948. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 vol. 28cm.

Biologia generalis. T. XIX. Fasc. 1. *Reizfruchtung* (Samenbildung ohne Befruchtung), von Erich Tschermak-Seysenegg, Wien, 1949; 1 fasc. 23cm,5.

Publicaciones del Instituto de matematica y estadistica. Vol. I. *Sobre el fenomeno de la subresonancia para la ecuacion de Van Der Pol*, par Alfredo Rosenblatt. Montevideo, R. O. Del Uruguay, 1949; 1 fasc. 24cm,5.

Communications from the Kamerlingh Onnes Laboratory of the University of Leiden. Supplement no 96*a*. *The stopping power of a metal for alphaparticles*, by H. A. Kramers. Leiden, 1947; 1 fasc. 24cm.

(*à suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 FÉVRIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur une explication probable de certains échos ionosphériques fortement retardés.* Note (*) de M. PIERRE LEJAY et Mlle JEANNE DURAND.

Sur de nombreux enregistrements de sondages ionosphériques d'hiver, on observe, à la fin de la nuit, des échos diffus ayant subi un retard correspondant à une distance de l'ordre de 1500km, entre 2h et 4h, se réduisant progressivement pour se confondre avec la couche F_2 au lever du Soleil. Ces échos sont enregistrés au-dessus des échos dus à la couche F_2, à partir d'une fréquence de l'ordre de 4 ou 5 MHz; ils se prolongent vers les hautes fréquences, bien au delà de la fréquence critique observée pour la couche F_2.

Sur un enregistrement donné la *hauteur apparente* décroît en général quand la fréquence augmente (*fig.* 1).

L'hypothèse d'une couche ionisée très élevée qui a pu être avancée pour expliquer ces réflexions des ondes électromagnétiques, ne résiste pas à la critique. D'une part, il est difficile d'admettre que les ondes électromagnétiques traversent la couche F_2, généralement considérée comme continue, pour atteindre, aux basses fréquences, une région supérieure; d'autre part, on ne trouve dans cette hypothèse aucune explication possible au fait que le retard des échos diminue quand la fréquence augmente. Le retard qui aurait lieu si la couche F_2 était traversée, serait marqué d'une discontinuité au passage par la fréquence critique de F_2, ce qui n'est pas le cas.

Puisque, en vertu de ces constatations, une réflexion à la verticale ne peut être invoquée, il vient naturellement à l'esprit de chercher l'explication de ces échos par une réflexion oblique. L'allure de la courbe de réponse sur l'enregis-

(*) Séance du 9 janvier 1950.

trement en fonction de la fréquence, est d'ailleurs en tout semblable à celle des retards enregistrés à grande distance d'un émetteur d'impulsions, à balayage de fréquence. On sait que dans une telle transmission pour laquelle deux tra-

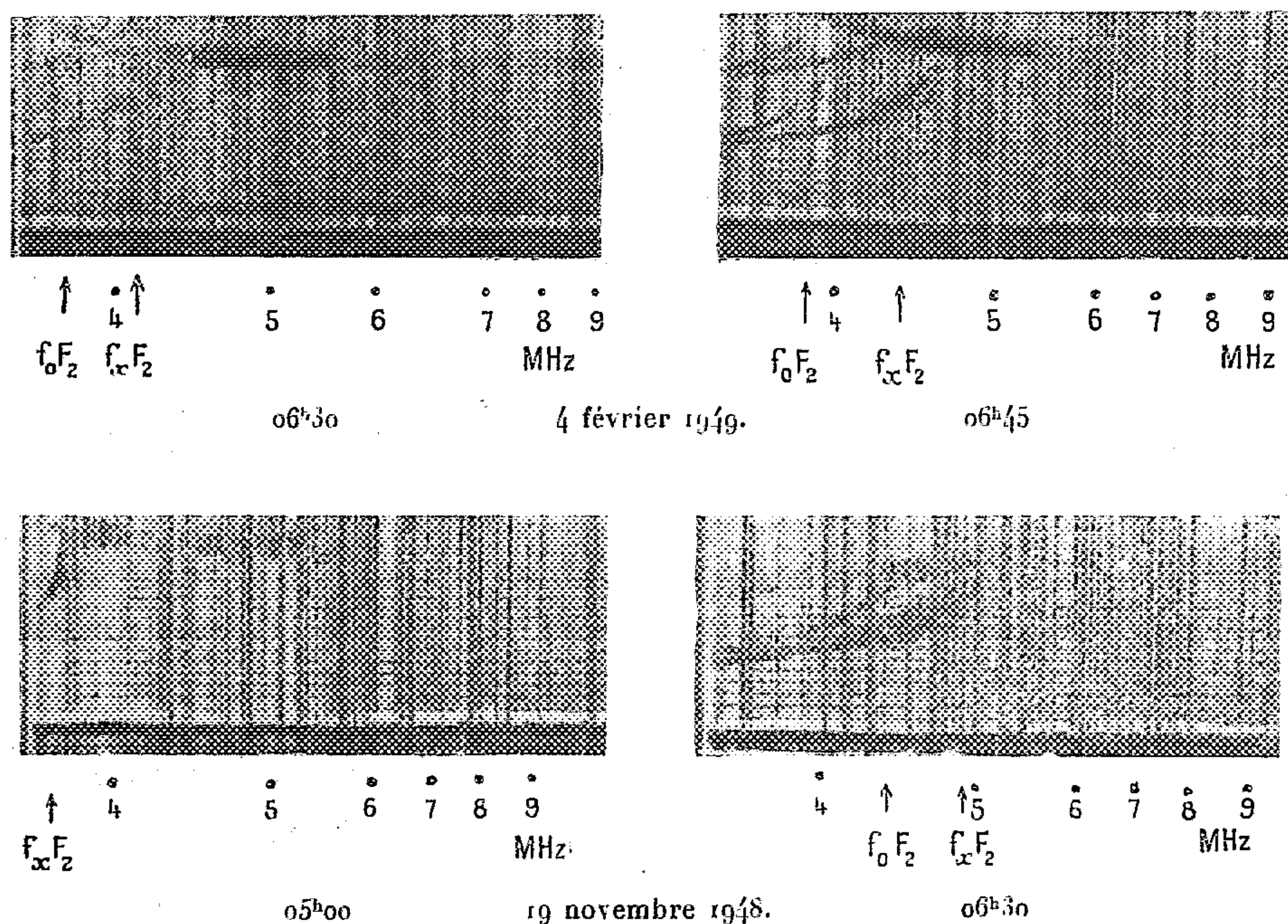


Fig. 1. — Types d'échos matinaux diffus enregistrés à la station de sondages de Poitiers

jets des ondes sont en général possibles, les retards à la réception des ondes ayant suivi le trajet supérieur, émises sous l'angle le plus grand au-dessus de l'horizon, diminuent lorsque la fréquence augmente ([1]).

Il doit en être de même pour une émission de sondages s'il existe une réflexion à grande distance sur une région ionisée; une partie de l'énergie émise obliquement pénètre au sein de la couche F_2 et s'y réfractant doit poursuivre sa route tangentiellement à une courbe d'égale ionisation. Si cette onde rencontre dans la suite des zones de la région F_2 de plus forte densité ionique, elle peut trouver les conditions d'une réflexion et une partie de cette énergie reviendra soit par le chemin inverse de l'aller, soit par un autre trajet vers l'émetteur, où elle sera enregistrée comme un écho de grand retard.

De tels échos répondraient bien aux conditions expérimentales constatées, et l'on doit bien s'attendre à ce qu'ils soient diffus. Le seul point qui reste à discuter paraît être l'ordre de grandeur du retard enregistré.

([1]) Beynon, *Radio Research Board*, paper n° C 88, 1944.

En fait, sur les planisphères donnant l'état d'ionisation de la couche F_2, on constate qu'il existe, en hiver, au sud-est d'une station située à nos latitudes, au delà d'une zone d'ionisation minimum, une zone de très fort gradient de la

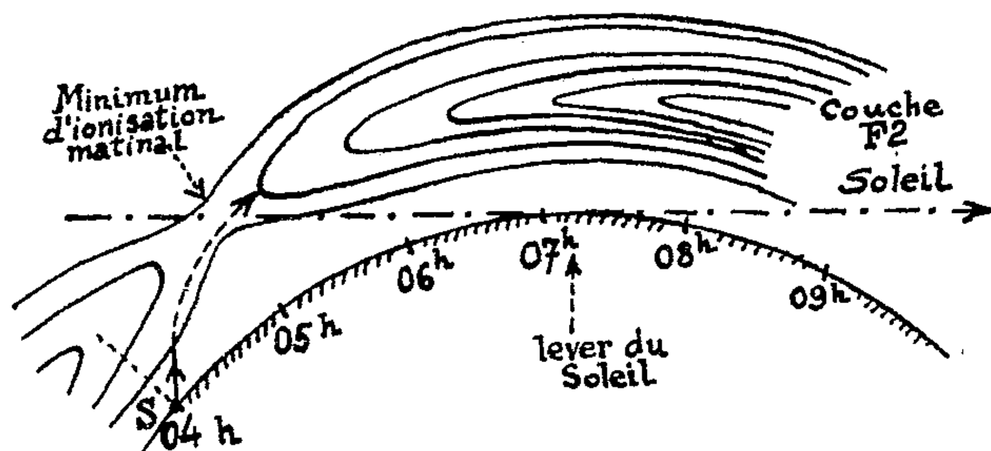


Fig. 2. — Coupe verticale de la répartition de densité ionique montrant les conditions de réflexion oblique sur F_2 avant le lever du Soleil.

densité ionique, correspondant à la région d'illumination par le Soleil levant au niveau de F_2 en avance de plus d'une heure sur le lever du Soleil au sol. Cette bande de fort gradient, qui se propage avec la ligne de lever du Soleil, se trouve précisément avoir sa limite à une distance de l'ordre de 1500^{km} de la station émettrice lorsqu'il est à celle-ci 3^h du matin.

Sa vitesse de déplacement vers la station (c'est-à-dire dans une direction faisant environ 45° avec les parallèles terrestres) est de l'ordre de 700 km/heure, beaucoup plus grande il est vrai que la diminution de retard des échos observés. Mais il faut remarquer que l'angle de départ des ondes susceptibles de se réfléchir croît rapidement lorsque la zone de réflexion s'approche; le retard doit donc diminuer plus lentement que la distance de la zone de réflexion pour finalement se réduire, lorsque la zone de réflexion se rapproche du zénith de la station, au retard observé à la verticale pour la réflexion sur F_2. Si la loi de variation du retard des échos retardés est difficile à expliciter, nous pouvons en avoir l'ordre de grandeur par l'évaluation des distances limites. On peut ainsi en apprécier une valeur moyenne qui correspond bien aux faits observés.

Ainsi se trouveraient vérifiés tous les caractères des échos réellement enregistrés, l'heure de leur apparition et leur disparition, la saison où on les observe, leur allure diffuse, leur mouvement continu de rapprochement apparent, leur fusion finale avec les échos réguliers dus à F_2 et l'absence de discontinuité lorsque la fréquence de balayage passe par la fréquence critique de F_2. La multiplicité des aspects envisagés, objets de vérifications favorables, semble donner à l'explication proposée une sérieuse probabilité.

En certains cas, on pourrait imaginer une situation ionosphérique analogue à celle qui a été décrite et susceptible de donner des réflexions obliques à d'autres heures de la nuit. Le phénomène ne serait donc pas nécessairement toujours lié à l'approche du maximum diurne d'ionisation.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur la régénération du chondriome dans les radicules.* Note de M. **Pierre Dangeard.**

Nous avons montré qu'il était possible de priver des méristèmes radiculaires de leur chondriome tout en leur laissant la possibilité de survivre. Dans ces conditions le chondriome est régénéré (¹).

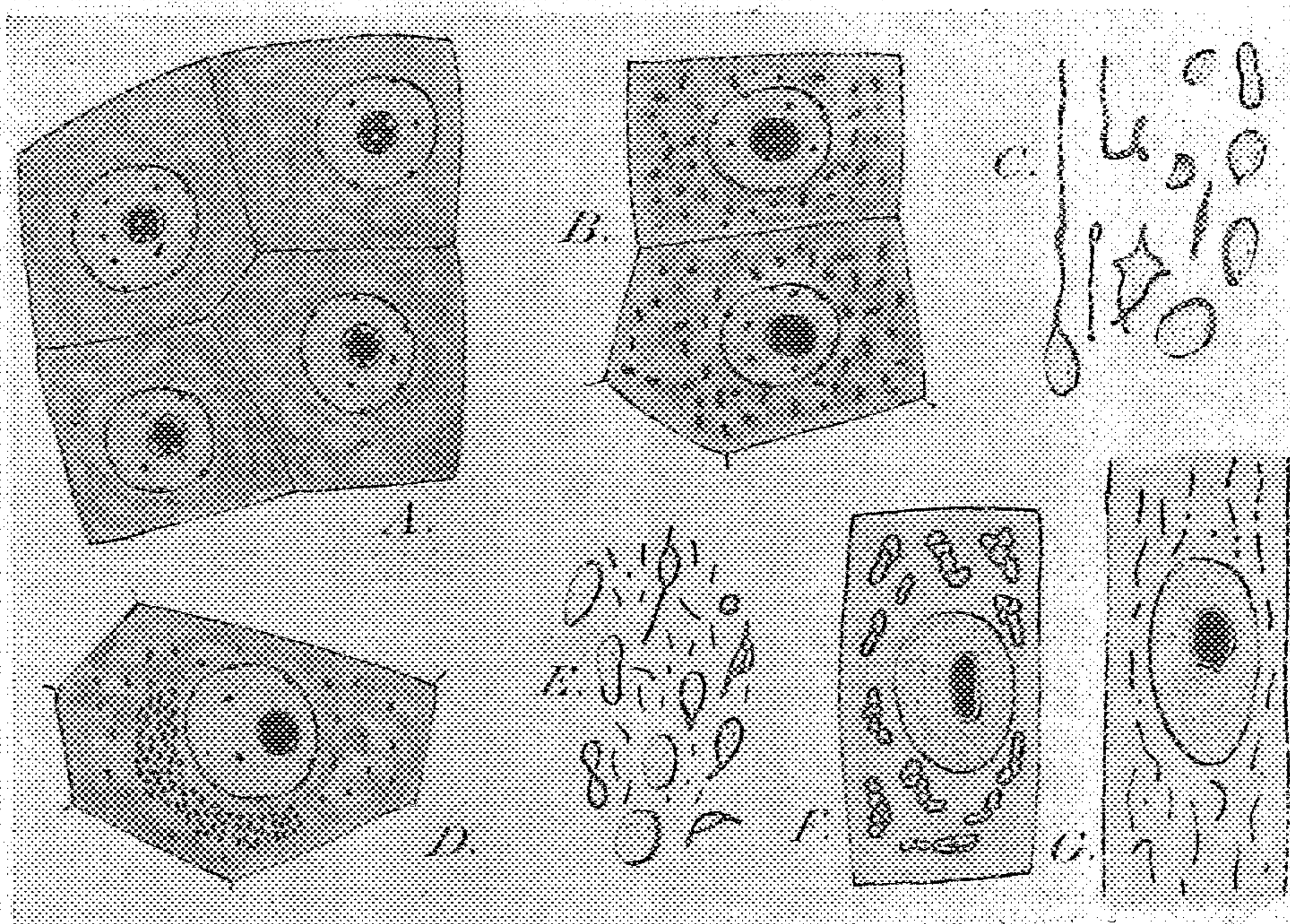
En dehors du Haricot et du Lupin, nous avons trouvé dans les radicules de Pois et de Courge des exemples très favorables à ces études sur le chondriome. Alors que le Pois présente une sensibilité un peu moindre que celle du Lupin blanc, les durées efficaces pour la destruction du chondriome dans la Courge sont sensiblement les mêmes qu'avec le Haricot, soit 5 à 7 minutes avec les solutions à 1 % et 30 à 45 minutes avec les solutions à 1 ‰. Cette durée de trempage dans les solutions ne tue pas les cellules du point de végétation qui se montrent bien vivantes après 24 heures et riches en mitochondries, grains et bâtonnets surtout. Or, les radicules de Courge, sur les plantules très jeunes, sont encore dépourvues de ramification mais possèdent de nombreuses ébauches radicellaires encore cachées dans la profondeur des tissus et dont les cellules, au même titre que celles du méristème terminal, sont très sensibles à l'acide acétique dilué. Dans des conditions où les cellules voisines plus différenciées ont conservé leur chondriome, au moins partiellement, ces éléments de méristème se montrent totalement dépourvus de chondriosomes; leur cytoplasme, très chromatique, est criblé de vacuoles assez petites, mais on n'y observe aucune formation particulière pouvant être attribuée à des restes d'un chondriome détruit (*fig. A*). Les chondriosomes, après être passés par un stade de vésicules à parois très colorables, ont perdu toute individualité et leur substance s'est, de toute évidence, dispersée et confondue dans la masse générale du cytoplasme. Cependant ces ébauches radicellaires se retrouvent 24 heures après constituées de cellules riches en chondriosomes sous forme de grains et de bâtonnets (*fig. B*). On est donc obligé d'admettre que ces chondriosomes se sont formés *de novo* par différenciation au sein du cytoplasme.

Dans l'exemple de ces ébauches radicellaires de la Courge, nous avons des massifs cellulaires faciles à identifier et qui se retrouvent à 24 heures de distance tantôt privés de chondriosomes, tantôt pourvus de mitochondries abondantes. Le fait d'une néoformation du chondriome est donc particulièrement évident. Cependant il est encore très démonstratif d'opérer sur des radicules avec des durées d'action de l'acide acétique à 1 ‰ allant jusqu'à 1 heure ou 1 heure 30 (Courge) ou même 2 heures (Pois), car ces temps d'action détruisent à coup sûr le chondriome dans une région très étendue du point de végétation où l'on

(¹) *Comptes rendus*, 229, 1950, p. 27.

retrouve cependant des cellules vivantes avec chondriome au bout de 24 ou 48 heures.

Dans les diverses radicules, le chondriome néoformé présente l'aspect habituel. Avec des variations suivant les tissus, ses caractères morphologiques sont ceux qu'il possède dans les radicules-témoins non traitées. Cependant il n'est pas douteux que ce chondriome régénéré est formé d'éléments souvent



A, Courge giraumon : cellules d'une ébauche radicellaire après traitement 30 minutes dans l'acide acétique à 1 pour 1000; *B*, dans les mêmes conditions, mais après 24 heures (présence de chondriosomes); *C*, formes d'altération du chondriome; *D*, cellule avec un amas mitochondrial; *E*, radicule de Pois : formes d'altération du chondriome et mitochondries ordinaires; *F*, pseudo-réseaux de mitochondries cavulisées; *G*, chondriome de néoformation dans le méristème procambial. *G.* : env. 1200, Regaud-hématoxyline.

particulièrement ténus (*fig. G*). Plusieurs dispositions particulières peuvent en outre se rencontrer dans les cellules en survie, comme le rassemblement des éléments du chondriome en amas chromatique (*fig. D*) ou l'existence fréquente de boules sarcodiques tombées à l'intérieur des vacuoles. Enfin si les cellules n'avaient pas eu leur chondriome totalement détruit et si elles avaient conservé des mitochondries cavulisées ou vésiculisées, celles-ci peuvent donner lieu à des figures caractéristiques telles que vésicules déformées, longs filaments onduleux enroulés et contournés et surtout anneaux chromatiques entourant, complètement ou non, une substance chromophobe (*fig. C, E*). Cependant, bien que la juxtaposition de ces figures d'altération puissent donner lieu à des groupements caractéristiques, nous n'avons jamais observé de véritable soudure entre les

éléments du chondriome qui réalisent donc seulement des pseudo-réseaux par accolement (*fig. F*). Ces formes d'altération peuvent être accompagnées de mitochondries normales, évidemment néoformées (*fig. E*), ce qui souligne l'existence de deux générations de mitochondries.

Dans nos expériences il arrive que l'on dépasse le stade où la régénération du chondriome est possible. Des cellules de méristème, d'apparence assez normale, peuvent demeurer sans chondriome. Elles sont destinées sans aucun doute à se nécroser ultérieurement. De même des cellules adultes, dont le chondriome a été partiellement conservé sous des formes d'altération diverses, peuvent ne pas régénérer un chondriome nouveau. Ces cellules semblent également évoluer vers la nécrose car, dans des stades plus avancés, leur emplacement est occupé par des cellules mortes. Ce fait confirme ce que nous a appris l'étude vitale au sujet des mitochondries vésiculisées qui se montrent incapables de régénérer un chondriome normal ([2]).

GÉNÉTIQUE. — *Les chromosomes invisibles des ovocytes de Batraciens étudiés au microscope électronique*. Note de M. **Émile Guyénot** et Mme **Mathilde Danon**.

Les jeunes ovocytes de Batraciens présentent des chromosomes très nets pendant toute la préméiose jusqu'au stade de diploténie. Lorsque commence la phase de croissance, les chromosones deviennent de moins en moins distincts (chromosomes plumeux) puis disparaissent. Ils restent invisibles pendant la période de quiescence qui peut durer trois ans. Ce n'est qu'aux approches de la ponte ovarienne que ces chromosomes réapparaissent et se disposent sur le fuseau de la première cinèse de maturation.

De multiples raisons d'ordre génétique donnent à penser qu'il ne s'agit nullement d'une disparition réelle, mais que les chromosomes restent présents sous une forme invisible. Avec la collaboration de M. E. Kellenberger pour la partie physique de ce travail, nous avons cherché à vérifier cette hypothèse à l'aide du microscope électronique. Utilisant un grossissement de 9000 diamètres, nous avons pu observer très régulièrement et photographier, dans les préparations faites avec les noyaux éclatés d'ovocytes provenant d'animaux *adultes* (*T. cristatus* et *R. temporaria*), des filaments légèrement flexueux, longs de plusieurs dizaines de microns, épais de quelque 50 Å, qui, en raison de leurs dimensions, sont complètement invisibles au microscope ordinaire. Ces filaments qui se distinguent par leur régularité d'autres formations analogues (fibres de protéines, filaments provenant de la membrane nucléaire) représentent vraisemblablement les chromosomes, complètement déroulés et réduits

([2]) *Le Botaniste*, 31e série, 1942, p. 222.

à leur chromonème, de la phase de quiescence. Deux sortes de résultats confirment cette interprétation.

1° Dans les ovocytes d'animaux *jeunes* (avant ou peu après la métamorphose), les noyaux ne montrent pas non plus de chomosomes. Il suffit cependant de les sortir de la cellule et de les conserver dans le liquide de Ringer isotonique, pour que l'on voie apparaître à leur intérieur de longs filaments ayant d'abord l'aspect d'une file de grains déposés sur un axe invisible par lui-même. A mesure que les minutes s'écoulent, ce revêtement augmente, prend finalement l'aspect de chomomères. Il est aisé de colorer, par l'acéto-carmin par exemple, cette chromatine.

Si l'on suit au microscope électronique cette *apparition* des chromosomes, on constate qu'il s'agit bien du dépôt graduel d'une substance opaque (chromatine) sur des filaments (chromonèmes) semblables à ceux qui représentent les chromosomes invisibles dans les noyaux d'animaux adultes. Le chromonème s'entoure d'abord d'une gaine assez régulière, bien que par endroits et surtout aux extrémités on puisse encore voir le filament nu. Puis le dépôt continue irrégulièrement sous forme d'amas (chromomères) entre lesquels le filament reste visible, nu ou muni de sa première enveloppe. On distingue admirablement les deux chromatides disposées parallèlement ou s'écartant plus ou moins l'une de l'autre. Les préparations montrant ces images ont été obtenues à partir de noyaux éclatés par action mécanique, traités par l'acide acétique à 45 % et soumis à la centrifugation : un dispositif spécial permet de n'utiliser que quelques millimètres cubes et de recevoir directement le culot de centrifugation sur la pellicule de collodion servant de porte-objet.

2° Dans les noyaux provenant d'animaux *adultes*, nous n'avons jamais réussi à voir au microscope ordinaire quoi que ce soit qui ressemblât à des chromosomes, même après que ces noyaux, sortis de la cellule, eurent séjourné dans le liquide de Ringer pendant plus de 24 heures. Nous avons en vain fait varier le pH et la constitution de la solution (plus d'ions Na ou d'ions Ca). Le nombre des nucléoles est devenu considérable, mais le nucléoplasme paraît absolument homogène. Pourquoi les chromonèmes nus dont le microscope électronique révèle l'existence ne se revêtent-ils pas, comme dans les ovocytes d'animaux jeunes, d'un manteau chromatique qui les rendrait visibles et colorables ?

On pourrait supposer que le suc nucléaire ne contient plus à cet âge de nucléoprotéides à l'état de sol, susceptibles de se fixer, par combinaison ou par adsorption, sur le chromonème invisible. Le phénomène pourrait être lié à l'augmentation croissante du nombre des faux nucléoles. Nous avons été ainsi conduits à l'idée de fournir artificiellement à ces noyaux les nucléoprotéides qui leur feraient défaut. Nous ne sommes pas sûrs que cette conception un peu simpliste soit tout à fait exacte, mais le résultat auquel elle nous a amenés n'en est pas moins fort intéressant.

L'expérience témoin (isolement de noyaux dans du Ringer isotonique à différents pH) a continué à ne donner aucun résultat, même après plus de 24 heures. Par contre, des noyaux, plongés dans la même solution additionnée de nucléoprotéides préparés à partir du thymus de veau, ont commencé à montrer, à partir de trois heures de séjour, des filaments encore difficiles à voir mais qui sont devenus très nets au bout de 12 à 24 heures. Ces filaments apparaissent grâce à un dépôt croissant de granules sur un axe invisible par lui-même. Ces chromosomes artificiellement révélés sont identiques comme longueur, disposition des deux chromatides, à ceux qui apparaissent spontanément dans les noyaux provenant de jeunes animaux. Nous étudions au microscope électronique les phases de ce revêtement artificiel des chromonèmes. Il paraît moins régulier, plus sensible à l'action des réactifs que la véritable chromatine de l'espèce. Il s'agit probablement d'un simple phénomène d'adsorption.

La conclusion de ces recherches est que le *chromosome génétique*, permanent, est un chromonème invisible au microscope ordinaire et dont la constitution chimique nous est inconnue. Le chromosome du cytologiste est ce chromonème revêtu de son manteau normal de chromatine ou d'une gangue artificielle. La chromatine, formée de nucléoprotéides, si elle rend le chromosome visible et colorable et intervient dans la dynamique de la cinèse par sa charge électrique, n'aurait rien à voir avec le chromosome génétique, seul important au point de vue de l'hérédité. Bien des hypothèses émises sur la dimension des gènes, leur nature et celle de leurs mutations devront, semble-t-il, être révisées.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau un fascicule intitulé : *Antoine-Laurent Lavoisier, F. R. S.*, 1743-1794, par Douglas Mc Kie, tirage à part des *Notes and Records of the Royal Society of London* et offert par celle-ci aux Membres de l'Académie des Sciences.

M. **Arnaud Denjoy** offre à l'Académie les Ire, IIe et IIIe Parties de ses *Leçons sur le calcul des coefficients d'une série trigonométrique enseignées à l'Université Harvard*, dont la IVe Partie a été présentée par lui en 1949.

M. **Louis Roy** adresse le tome IV : *Problèmes et exercices, suivi d'un Appendice sur les fusées*, de son *Cours de Mécanique rationnelle*.

M. **Albert Demolon** fait hommage, au nom de Sir **Edward John Russell**, Associé étranger, d'une Notice intitulée : *The Presidential Address. World Population and World food supplies*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Edward Neville Da Costa Andrade** est élu Correspondant pour la Section de Physique générale.

DÉSIGNATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Ethnologie des hommes actuels et des hommes fossiles du Muséum National d'Histoire Naturelle, pour la première ligne, M. *Henri Vallois* obtient 57 voix contre 1 à M. *Léon Pales*; il y a un bulletin blanc et un bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *Léon Pales* obtient 47 voix; il y a 3 bulletins blancs et 4 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Henri Vallois.**
En seconde ligne .... M. **Léon Pales.**

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1950, ouvert en la séance du 30 janvier, est clos en celle du 6 février.

52 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Carrière, Leonard Eugene Dickson.* — MM. J. Hadamard, Ém. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Henri de Parville.* — MM. Ém. Borel, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin, M. Roy.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Pierre Guzman.* — MM. A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot, A. Danjon.

IV. Géographie : *Prix Binoux.* — MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers.

V. Navigation : *Prix Plumey.* — MM. Ém. Borel, M. de Broglie, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers, M. Roy.

VI. Physique : *Prix L. La Caze, Hughes, Pierre Lafitte, Eugène et Léon Bloch.* — MM. A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet.

VII. Chimie : *Prix Montyon des Arts insalubres, Philippe A. Guye, Jean-Baptiste Dumas.* — MM. G. Bertrand, M. Delépine, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix James Hall, Carrière.* — MM. A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, Em. de Margerie, R. Courrier, A. Michel-Lévy, P. Fallot.

IX. Physique du globe : *Prix Léon Grelaud.* — MM. E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, J. Chazy, Em. de Margerie, B. Lyot, F. Joliot, R. Courrier, J. Cabannes.

X. Botanique : *Prix Jean Thore, Foulon.* — MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, Em. de Martonne, R. Souèges, R. Courrier, J. Magrou, R. Heim, R. Combes.

XI. Économie rurale : *Prix Paul Marguerite de La Charlonie, Foulon.* — MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, Ém. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon. N...

XII. Anatomie et Zoologie : *Prix Foulon.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, Ém. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier, P. Grassé.

XIII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Bréant, Alfred Dutens, Charles Bouchard, Jean Dagnan-Bouveret.* — MM. Em. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche.

XIV. Cancer et Tuberculose : *Prix Bariot-Faynot, fondation Roy-Vaucouloux,* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier, Ch. Laubry, A. Lacassagne.

XV. Physiologie : *Prix Montyon.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

XVI. Applications de la Science a l'Industrie : *Prix Charles Frémont.* — MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, E.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, R. Barthélemy, G. Darrieus, H. Parodi.

XVII. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Ém. Borel, L. Blaringhem, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, R. Courrier.

XVIII. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. G. Julia, M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier et trois membres élus : MM. Ém. Borel, H. Vincent, M. de Broglie.

XIX. *Médailles Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. G. Julia, M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier.

XX. *Prix Charles-Louis de Saulses de Freycinet*, *Mme Victor Noury*, *fonds des Laboratoires*, *fondations Charles de Mosenthal*, *Barbier-Muret*, *Cassé-Fleury*, *Gibou*, *Alexandre Darracq*, *Leroy-Drouault*, *Octave Mirbeau*. — MM. G. Julia, M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier; Ém. Borel, G. Bertrand.

XXI. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, É. Cartan, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, E.-G. Barrillon, A. Pérard.

XXII. *Prix Bordin* (Sciences physiques). — MM. H. Vincent M. Caullery, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim.

XXIII. *Prix Saintour* (Sciences physiques). — MM. H. Vincent, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, R. Souèges, R. Courrier.

XXIV. *Prix Lonchampt*. — MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

XXV. *Prix Henry Wilde*. — MM. Ém. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie, R. Courrier, J. Cabannes.

XXVI. *Prix Marquet* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, A. Cotton, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy,

XXVII. *Prix Millet-Ronssin*. — MM. R. Courrier; Ch. Jacob, Ch. Mauguin; A. Chevalier, R. Souèges; Ch. Pérès, É. Roubaud.

XXVIII. *Prix Général Muteau* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXIX. *Prix Laura Mounier de Saridakis*. — MM. G. Julia; L. de Broglie, R. Courrier; J. Cabannes, G. Ribaud; G. Bertrand, P. Lebeau; H. Vincent, P. Portier.

XXX. *Prix Ernest Dechelle*. — MM. G. Bertrand, M. Caullery, Ch. Jacob, M. Javillier, A. Portevin, G. Ramon, R. Courrier, R. Heim.

CORRESPONDANCE.

M. Constantin Levaditi prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *Richard Fosse*.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'Académie Royale des Sciences* (1666-1793), par Pierre Gauja, Extrait de la *Revue d'Histoire des Sciences*.

2° Faune de France. 51. *Coléoptères carabiques* (supplément), par RENÉ JEANNEL (présenté par M. Fage).

3° *Exposition de l'Électricité. Toulouse*, 1949.

4° *Arkiv för Mineralogi och Geologi*, Band I, Häfte 1. — *Arkiv för Kemi*, Band I, Häfte 1, 2, 3, utgivet av K. Svenska Vetenskaps-Akademien.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Image nouvelle pour la fonction de Bessel.* Note de M. **PIERRE HUMBERT**, présentée par M. Henri Villat.

L'image symbolique de la fonction de Bessel $J_n(t)$ est connue depuis longtemps. Mais on n'a jamais, croyons-nous, envisagé quelle pourrait être l'image de $J_t(x)$, l'indice étant considéré comme la variable de la transformation. Voici comment on peut résoudre ce problème.

Soit, pour simplifier certains calculs, la fonction de Bessel d'argument imaginaire

$$I_n(x)=\sum_{m=0}^{\infty}\frac{\left(\frac{x}{2}\right)^{n+2m}}{m!\,\Gamma(n+m+1)}.$$

Écrivons, x étant un argument quelconque et t la variable de calcul symbolique,

$$x^{\frac{t}{2}}I_t(2\sqrt{x})=\sum_{m}\frac{x^{m+t}}{m!\,\Gamma(t+m+1)}.$$

Introduisons la fonction ν-incomplète ([1]), définie par

$$\nu(t,n)=\int_n^{\infty}\frac{t^x}{\Gamma(x+1)}\,dx,$$

qui donne lieu à la correspondance symbolique

$$\frac{1}{\Gamma(t+m+1)}\supset p\,e^{pm}\,\nu(e^{-p},m).$$

En appliquant la règle symbolique connue

$$x^t f(t)\supset\frac{p}{p-\log x}\,\varphi(p-\log x),$$

nous trouvons immédiatement

$$\frac{x^{t+m}}{\Gamma(t+m+1)}\supset p\,e^{mp}\,\nu(x\,e^{-p},m),$$

d'où la correspondance

$$x^{\frac{t}{2}}I_t(2\sqrt{x})\supset p\sum_{m}\frac{e^{mp}}{m!}\,\nu(x\,e^{-p},m).$$

([1]) P. HUMBERT et L. POLI, *Bull. Sc. Math.*, 2e série, 68, nov.-déc. 1944.

On en tirera aisément la formule

$$I_t(x) \supset p \sum_m \frac{e^{mp}}{m!} \frac{x^m}{2^m} \nu\left(\frac{x}{2} e^{-p}, m\right),$$

qui est celle que nous voulions obtenir. On peut en vérifier l'exactitude au moyen de l'équation différentielle satisfaite par I, comme fonction de x, en se souvenant que l'on a

$$\frac{\partial}{\partial x} \nu(x, m) = \nu(x, m-1).$$

L'image ci-dessus peut se généraliser à d'autres fonctions du type hypergéométrique, l'un des paramètres inférieurs étant pris pour variable.

SÉRIES DIVERGENTES. — *L'emploi de la condition de régularité dans la sommation des séries divergentes. Calcul de quelques séries très divergentes.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons indiqué dans une Note antérieure ([1]) que, si l'on mettait la somme $S(n)$ des $(n+1)$ premiers termes d'une série divergente alternée de loi cohérente ([2]), et toute série divergente d'allure cohérente peut, par la théorie des *séries définissables* (*loc. cit.*, § 3, § 4,3 et § 3,5235) être ramenée à une telle série, sous la forme d'un nombre S ajouté à la quantité $(-1)^n P(n)$, la somme S de la série pouvait être atteinte par la condition que la quantité $P(n)$ résultante augmente indéfiniment avec une certaine *régularité*. La raison profonde de cette clause de régularité semble être que la limite, pour $|n|$ infini, du produit $(-1)^n P(n)$ puisse être nulle (*loc. cit.*, § 5,23) du moment que celle de $(-1)^n$ est nulle.

Le problème est alors de contrôler la régularité de P_n. Dans notre première méthode de sommation (*loc. cit.*, § 2,17), nous avions besoin, pour effectuer la sommation, de la régularité d'une certaine fonction, dite *attachée* à la série, *après* le ralentissement qui lui avait ôté sa croissance trop rapide. Mais cette régularité était d'un type *imposé* (différences successives d'ampleur d'abord décroissante, et toutes positives).

Le progrès réalisé ici est immense, car, la régularité ne servant plus à *effectuer* le calcul de la somme, nous pouvons nous accommoder de types de régularité beaucoup *moins* restrictifs : par exemple, que, dans le tableau de calcul des *différences successives* (algorithme essentiel des contrôles de régularité), les termes ayant dans leur colonne leur signe normal soient précédés de termes de l'autre signe, pourvu que le nombre de ces termes anormaux ne diminue pas d'une colonne à la suivante. Il nous suffit, en somme, de trouver

---

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1910-1920.
([2]) *Publ. Scient. et Tech. Minist. Air.* série grise, n° 207, Paris 1947, § 2,32.

un *élément* de régularité, lequel peut même être une distribution régulière d'irrégularités. La difficulté réside en ce qu'un très grand nombre de termes peut être nécessaire lorsque cet élément est bien caché, et l'interprétation peut être délicate si l'élément est d'un type inhabituel.

En ralentissant par la transformation $Q_n = P_{n+1}/P_n$ la croissance trop rapide des P_n, nous avons pu, dans de nombreux cas, contrôler leur régularité par le tableau des différences successives.

Après avoir appliqué la méthode[1] à la série classique $\Sigma(-1^n)n! = 0,40365$ et à la série $\Sigma(-1)^n n!^2 = 0,3319_7$, nous venons de calculer par le même moyen les deux séries à divergence extrêmement rapide $\Sigma(-1)^n n!^3 = 0,2775_4$ et $\Sigma(-1)^n n!^4 = 0,237_7$. On peut aussi ralentir les P_n par logarithmes.

Si la série alternée résulte (*loc. cit.*, § 4,3 et § 3,5235) de la transformation d'une série non alternée, par exemple d'une série *à termes positifs*, la régularité des P_n est moindre, et nous avons dû[1] ralentir par racine N^e, l'allure des différences successives δ pouvant demeurer à demi irrégulière. Dans le cas des termes P_n provenant de la série alternée déduite de la série à termes positifs $\Sigma n!$, les différences successives des racines 8me des P_n présentaient[1] un minimum compliqué d'inflexions, et l'on déterminait approximativement la somme en imposant, *au jugé*, un compromis entre les diverses inflexions.

Nous avons essayé une procédure *plus précise* reposant elle aussi sur le calcul des différences successives. La courbe des δ étant dissymétrique avec minimum, mais d'ampleur très modérée, serait à peu près représentable par une loi du troisième degré, c'est-à-dire que les différences 4e devraient théoriquement être très faibles. Mais les irrégularités étant *exaspérées* par la différenciation successive, les différences 4e seront en fait assez notables et de signe quelconque si la valeur prêtée à la somme est mal choisie. D'où l'idée de prendre pour valeur très approchée de la somme celle qui rend *minimum* la somme des *valeurs absolues* de toutes les différences 4e.

La règle est évidemment trop simple, surtout parce qu'elle ne pourrait avoir un fondement théorique que si la fonction δ était infiniment peu variable. Elle nous a donné $-0,307$ (au lieu de $-0,3028$) pour somme de la série $\Sigma n!$ (sommation difficile). En prenant au préalable les logarithmes des δ, ce qui réduit leur variation, nous nous rapprochons des conditions théoriques d'exactitude; effectivement nous avons alors obtenu le chiffre très bon de $-0,303$.

On pourrait penser utiliser une autre condition de régularité : la somme de la série $\Sigma(-1)^n u_n$ (de toute manière définie par la théorie des séries définissables) serait la valeur, pour $s=1$, de la fonction $F(s)=\Sigma(-1)^n u_n^s$, la fonction étant connue par la somme de séries très convergentes pour $s<0$, et prenant la valeur 0,5 pour $s=0$. Mais $F(s)$ est susceptible d'une allure trop *tourmentée* pour qu'une clause de régularité lui soit pratiquement applicable.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Variétés plongées et i-carrés.*
Note (*) de M. **René Thom**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à une Note antérieure ([1]), dont nous conservons les notations.

Soit M une variété compacte de dimension p plongée dans une variété compacte V de dimension $n (p < n)$; les variétés V et M étant supposées deux fois différentiables, ceci veut dire que l'application f de M dans V est *biunivoque* et de rang maximum (imbedded de Whitney); en supposant alors V dotée d'une métrique riemannienne différentiable, on peut définir un voisinage normal A de M dans V; A est un espace fibré (par des boules géodésiques normales), de base M, de fibre B^{n-p}; les classes caractéristiques de cet espace sont celles de l'espace fibré des vecteurs normaux à M dans V. Soit φ^* l'isomorphisme de $H^r(M)$ sur $H^{n-p+r}(A')$ associé à cet espace fibré. Les coefficients seront les entiers, si A est orientable; sinon, ils seront réduits modulo 2.

Tout cocycle de $H^r(A')$ (A' ouvert, cohomologie à supports compacts), se laisse prolonger en un cocycle de $H^r(V)$: il suffit de le prendre nul à l'extérieur de A. L'isomorphisme φ^* se prolonge ainsi en un homomorphisme ψ^* de $H^r(M)$ *dans* $H^{r+n-p}(V)$. L'homomorphisme ψ^* possède la plupart des propriétés de l'isomorphisme φ^* dont il est issu. Si f^* désigne l'homomorphisme de $H^j(V)$ dans $H^j(M)$ induit par le plongement f de M dans V, on a, pour tout $z \in H(V)$, $y \in H(M)$,

$$(1') \qquad \psi^*(f^*z \cup y) = z \cup \psi^* y.$$

La dualité dans les variétés permet alors de donner pour ψ^* une interprétation remarquable; si m, v désignent les cycles fondamentaux de M, V, et si f est l'homomorphisme induit sur les groupes d'*homologie* $H_i(M) \to H_i(V)$ par l'immersion $M \to V$, ψ^* peut être défini par :

$$v \cap \psi^*(z) = f(m \cap z), \qquad \text{où} \quad z \in H^{p-t}(M).$$

ψ^* est l'homomorphisme introduit par Gysin ([2]) sous le nom de Umkehrungshomomorphismus.

Cas de l'espace produit. — Si l'espace A est isomorphe au produit $M \times B$, la formule (4) de la Note précédente s'applique encore à l'homomorphisme prolongé, et donne

$$(4') \qquad Sq^i \psi^* = \psi^* Sq^i.$$

(*) Séance du 30 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 427.

([2]) Gysin, *Zur Homologietheorie der Abbildungen*, Commentarii **14**, 1942, p. 61-122; *voir* p. 89, n° **10**.

Corollaire. — *Pour qu'un cycle z d'une variété V puisse être réalisé comme sous-variété M dont l'espace des vecteurs normaux soit un produit, il faut que le cocycle u correspondant à z ($z = v \cap u$) vérifie*

$$\mathrm{Sq}^r u = 0 \quad \text{pour toute valeur de } r > 0.$$

Il suffit d'appliquer (4′) à l'élément unité de $H^0(M)$.

La formule générale. — La formule fondamentale (5) de la Note précédente s'étend à l'homomorphisme ψ^*; elle devient

$$\mathrm{Sq}^r u_{n-p} = \psi^* W_r,$$

où u_{n-p} désigne le cocycle de V correspondant au cycle porté par la variété M, et W_r les classes de Stiefel-Whitney de l'espace fibré A.

Corollaire. — *Si la variété M est plongée dans V de telle façon qu'aucun des cycles qu'elle porte ne soit homologue à o dans V, ψ^* est biunivoque; les classes caractéristiques W_r de l'espace normal sont alors déterminées par la position homologique de M dans V.*

Application aux espaces de vecteurs tangents. — Considérons, dans l'espace produit $V \times V$ d'une variété compacte V par elle-même, l'immersion diagonale de V; on est dans le cas précédent; d'autre part, l'espace des vecteurs normaux à la diagonale est canoniquement isomorphe à l'espace des vecteurs tangents. Donc :

Théorème. — *Les classes caractéristiques de l'espace fibré des vecteurs tangents à une variété compacte sont indépendantes de la structure différentiable attachée à la variété. Si Δ est le cocycle de $V \times V$ correspondant à la diagonale, et ψ^* l'homomorphisme attaché à la diagonale, on a* [3]

$$\mathrm{Sq}^i \Delta = \psi^* W_i. \tag{6}$$

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Classes caractéristiques et i-carrés d'une variété.* Note (*) de M. **Wu Wen-tsün**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit M un espace topologique vérifiant les conditions suivantes :

a. Le groupe $H^n(M)$ [1] est de rang 1 dont la base est X_1^n;

b. On a $H^p(M) \approx \mathrm{Hom}[H^{n-p}(M), Z_2]$ dont l'isomorphisme est établi par le cup produit $X^p(Y^{n-p})X_1^n = X^p \cup Y^{n-p}$, $X^p \in H^p(M)$, $Y^{n-p} \in H^{n-p}(M)$.

Pa exemple, une variété compacte de dimension n est un tel espace. Dans

---

(3) *Voir*, pour applications de cette formule, la Note suivante de M. Wu Wen-tsün.

(*) Séance du 30 janvier 1950.

(1) $H^*(M)$ [$H^p(M)$] = le groupe de cohomologie (de dimension p) de l'espace M. Le groupe des coefficients sera exclusivement le groupe Z_2 des entiers mod 2 sauf, mention du contraire. La classe unité de $H^0(M)$ est désignée par 1.

un tel espace on peut définir un système de classes $U^p \in H^p(M)$, $0 \leqq 2p \leqq n$, par les équations suivantes :

(1) $U^p \cup Y^{n-p} = Sq^p Y^{n-p}$ (²) [pour Y^{n-p} quelconque de $H^{n-p}(M)$].

Nous les appellerons les *classes canoniques* ou les U-*classes* de M. Les classes W^i, $0 \leqq i \leqq n$, définies par

(2) $$W^i = \sum_p Sq^{i-p} U^p$$

seront alors appelées les *classes caractéristiques* ou les W-*classes* de M. On a, par exemple, $W^0 = U^0 = 1$, $W^1 = U^1$, $W^2 = U^2 + U^1 \cup U^1$, etc.

Le nom des classes caractéristiques est justifié par le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Pour une variété compacte* M *les* W-*classes ainsi définies s'identifient aux classes caractéristiques de Stiefel-Whitney de cette variété.*

2. La démonstration de ce théorème s'appuie sur un théorème de Thom (³), et le lemme suivant, démontré par H. Cartan (³) :

LEMME. — *Dans un espace-produit* $M \times M'$ *on a*

$$Sq^i(X \otimes Y) = \sum_j Sq^j X \otimes Sq^{i-j} Y, \qquad X \in H^*(M), \qquad Y \in H^*(M').$$

On en déduit que, dans un même espace M, *on a*

$$Sq^i(X \cup Y) = \sum_j Sq^j X \cup Sq^{i-j} Y, \qquad X, Y \in H^*(M).$$

Prenons maintenant une base $\{X^p_\alpha\}$ de $H^*(M)$ dans la variété M, supposée de dimension n, telle que $X^p_\alpha \cup X^{n-p}_\beta = \delta_{\alpha\beta} X^n_1$. La classe $\Delta^n \in H^n(M \times M)$ correspondant à la diagonale de l'espace-produit $M \times M$ s'exprime alors par $\Delta^n = \sum_{\alpha,p} (X^p_\alpha \otimes X^{n-p}_\alpha)$. D'après le lemme précédent, on a donc

$$Sq_i \Delta^n = \sum_{\alpha,p,j} Sq^{i-j} X^p_\alpha \otimes Sq^j X^{n-p}_\alpha.$$

D'autre part, soit $\sum_\alpha a^i_\alpha X^i_\alpha$ la classe caractéristique de Stiefel-Whitney de dimension i de la variété M qui est aussi la classe de Stiefel-Whitney de la structure normale de M par rapport à $M \times M$. On a, d'après la formule (6) de Thom (³), $Sq^i \Delta^n = \sum_\alpha \psi^* a^i_\alpha X^i_\alpha$, où ψ^* applique $H^i(M)$

(²) Nous adoptons ici la nouvelle notation de Steenrod pour les *i-carrés* : $Sq^p X^q = Sq_{q-p} X^q$. *Cf.* STEENROD, *Annals of Math.*, 48, 1947, p. 290-319.

(³) *Voir* la Note précédente de Thom sur les *variétés plongées* et *i-carrés* (même numéro des *Comptes rendus*) et la Note précédente de H. Cartan sur *une théorie axiomatique des i-carrés* (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 425).

dans $H^{n+i}(M \times M)$. On en déduit

$$\mathrm{Sq}^i \Delta^n = \sum_{\alpha,\mu,q} a^i_\alpha X^q_\mu \otimes (X^i_\alpha \cup X^{n-q}_\mu).$$

En considérant les termes de la forme $X^i_\mu \otimes X^n_1$ dans les deux expressions de $\mathrm{Sq}^i \Delta^n$, on trouve que

$$\sum_\mu a^i_\mu X^i_\mu = \sum_p \mathrm{Sq}^{i-p} U^p,$$

c'est-à-dire la classe de Stiefel-Whitney de dimension i coïncide avec la classe W^i, définie par (1) et (2). C. Q. F. D.

3. Le théorème précédent montre que les classes caractéristiques de Stiefel-Whitney d'une variété compacte de dimension n sont complètement déterminées par les classes canoniques U^p, $0 \leq 2p \leq n$, et par conséquent par la structure des cup produits et les i-carrés de cette variété. On peut en déduire d'autres propriétés concernant les classes de Stiefel-Whitney, ainsi qu'il suit [4] :

a. Les classes W^i *pour* $2i > n$ *sont complètement déterminées par les classes* W^i *pour* $0 \leq 2i \leq n$, *et par les opérations de carrés.*

b. $W^n = 0$ pour n impair; $W^n = \mathrm{Sq}^k U^k = U^k \cup U^k$ pour $n = 2k$ pair; $W^2 = W^1 \cup W^1$ pour $n = 3$; $W^1 \cup W^1 \cup W^2 = 0$ pour $n = 4$ (on peut même démontrer $W^1 \cup W^2 = 0$ pour $n \leq 5$).

c. Pour M *orientable* et $n = 2k$ pair, U^k est une classe de première espèce, c'est-à-dire, U^k est déduite d'une classe aux coefficients entiers par réduction mod 2. Pour $n = 4$ la classe $W^2 = U^2 + U^1 \cup U^1 = U^2$ est alors de première espèce et par conséquent la troisième classe de Stiefel-Whitney (aux coefficients entiers) est nulle; ce n'est pas le cas en général pour $n > 4$, comme le montre la variété orientable de dimension 5 construite de la façon suivante : M^5 est le produit topologique d'un plan projectif complexe P et d'un segment $I = [0,1]$ avec l'identification $(x, y, z) \times (0) = (\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \times (1)$, où x, y, z sont des nombres complexes, coordonnées homogènes de P, et $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ leurs complexes conjugués.

d. Définissons un autre système de classe $\bar{U}^p$ (ici $0 \leq p \leq n$) par récurrence par les équations $\bar{U}^0 = U^0 = 1$ et $\sum_i \bar{U}^i \cup U^{p-i} = 0$, pour $p > 0$. Les classes $\overline{W}$ définies par $\overline{W}^i = \sum_p \mathrm{Sq}^{i-p} \bar{U}^p$ $(0 \leq i \leq n)$ satisfont alors aux équations $\overline{W}^0 = 1$ et $\sum_i \overline{W}^i \cup W^{p-i} = 0$ pour $p > 0$. Cela veut dire que les classes $\overline{W}^i$ ne sont autres que les classes caractéristiques duales de M introduites par Whitney. On a $\overline{W}^n = \sum_p \mathrm{Sq}^{n-p} \bar{U}^p = \sum_p U^{n-p} \cup \bar{U}^p = 0$, d'après (1).

---

(4) *Cf.* H. Whitney, *Michigan Lectures*, 1941, p. 101-141.

e. D'après H. Cartan, $U^p = 0$ pour p impair et M orientable. On en déduit que $W^{n-1} = 0$ pour M orientable et $n = 4k + 2$, ce qui est aussi une conséquence de *c*.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur une forme des équations du mouvement d'un système matériel à liaisons holonomes ou non avec ou sans frottement.* Note de M. **François Gallissot**, présentée par M. Henri Villat.

Étant donné un système matériel dépendant de $(n+k)$ paramètres q_i, i variant de 1 à $n+k$, astreints à k liaisons unilatérales avec ou sans frottement définies par

$$l_h(p_1, q_2, \ldots, q_{n+k}) = 0 \qquad (h \text{ variant de } 1 \text{ à } k), \tag{1}$$

les forces agissant sur le système et les vitesses étant connues à l'instant t nous nous proposons d'étendre une idée de E. Delassus ([1]), en écrivant les équations du système sous une forme qui permet de discuter la nature des éventualités : contacts qui subsistent, contacts qui cessent, chocs, roulements, glissements.

Lemme. — *On peut écrire les équations différentielles du mouvement en utilisant l'énergie d'accélération d'Appell* $2\mathcal{E}$ *et un système de variables liées aux variables* q_i *par des relations différentielles de Pfaff (non complètement intégrables)*

$$dq_i = \Sigma \alpha_{ij}\, dr_j \qquad (\text{avec déterminant } |\alpha_{ij}| \neq 0),$$

posant $r'_j = x_j$ *on a les* $2(n+k)$ *équations différentielles du premier ordre*

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x'_j} = Q_j, \qquad \frac{dq_i}{dt} = \Sigma \alpha_{ij} x_j \qquad [j \text{ variant } (1 \text{ à } n+k)].$$

Vitesses de contingence. — La liaison $l_h = 0$ exprime le contact ponctuel au point P entre deux solides S et S′ du système. Au point P'_h du solide S′ nous considérons un trièdre trirectangle mobile P'_{huvw}, P'_h normale commune orientée vers S, P'_{hu}, P'_{hv} étant deux directions du plan tangent. Il existe un point P_h de S coïncidant avec P'_h s'il y a contact, et si le contact cesse à l'instant $t + \Delta t$, il existe sur la normale P'_{kw} un point P_h de S. Nous appelons *vitesse de contingence* le vecteur $\overrightarrow{W}_h = \overrightarrow{V}_{P_h} - \overrightarrow{V}_{P'_h}$. Ce vecteur est le vecteur vitesse de glissement de S par rapport à S′ si le contact subsiste; s'il y a cessation de contact, la composante normale de $\overrightarrow{W}_h$ est la vitesse d'échappement de S par rapport à S′. Les composantes de $\overrightarrow{W}_h$ sont

$$u_h = \Sigma u_{hi} q'_i, \qquad v_h = \Sigma v_{hi} q'_i, \qquad w_h = \Sigma w_{hi} q'_i. \tag{2}$$

En prenant pour variables les $3k$ composantes des vecteurs $\overrightarrow{W}_h$, d'après le

([1]) *Bulletin de la Société Mathématique*, 51, 1923, p. 22-33.

lemme les équations différentielles du mouvement sont formées de (1), (2) et (3)

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{du_h}{dt} = \dfrac{\partial E}{\partial X_h} + \varphi_{uh}, & \dfrac{dw_h}{dt} = \dfrac{\partial E}{\partial Z_h} + \varphi_{wh}; \\ \dfrac{dv_h}{dt} = \dfrac{\partial E}{\partial Y_h} + \varphi_{vh}, & \dfrac{dq'}{dt} = \left(\dfrac{\partial E}{\partial \lambda_q}\right)_{\lambda_q=0} + \varphi_{q'}. \end{cases}$$

THÉORÈME. — *Les dérivées par rapport au temps des vitesses de contingence sont quelles que soient les éventualités du mouvement une somme de deux termes :*

1° *d'une fonction dépendant des forces et des vitesses* φ_{uh}, φ_{vh}, φ_{wh}.

2° *du gradient d'une forme quadratique* E *des* $3k$ *composantes des réactions de contact* X_h, Y_h, Z_h *le gradient étant calculé suivant la direction de la réaction au h contact, pour la vitesse* W. 2 E *est la forme quadratique adjointe de la partie quadratique de* 2 $\mathcal{E}$ *énergie d'accélération d'Appell.*

Ce théorème entraîne comme cas particuliers :

1° Le théorème de Delassus relatif aux liaisons holonomes sans frottement. Il suffit dans (3) d'annuler tous les Y_h, Z_h, et de ne considérer que les k équations dw_h/dt.

2° Le théorème de Delassus ([1]) relatif au cas d'un solide roulant ou glissant sur un obstacle fixe ou mobile. Il suffit dans (3) de faire $h=1$.

3° Le théorème de M. Pérès ([2]) relatif au choc avec frottement d'un solide sur un obstacle fixe ou mobile. Il suffit dans (3) de faire $h=1$ et de négliger forces et vitesses, c'est-à-dire de faire $\varphi_{uh}=\varphi_{vh}=\varphi_{wh}=0$.

ASTRONOMIE. — *Étude théorique des accélérations stellaires.* Note de M. Henri Mineur, présentée par M. André Danjon.

Le problème des accélérations stellaires est devenu d'actualité depuis les remarquables travaux du professeur Peter Van de Kamp. Je présente ici quelques résultats théoriques sur ce sujet.

1. Soient r, l, b respectivement, la distance, la longitude et la latitude d'une étoile, les composantes de son accélération sont :

$$r'' - rl'^2\cos^2 b - rb'^2 \quad \text{suivant le rayon vecteur,}$$
$$rl''\cos b - 2rl'b'\sin b + 2r'l'\cos b \quad \text{suivant le cercle galactique,}$$
$$rb'' + rl'^2\sin b\cos b + 2r'b' \quad \text{suivant le méridien galactique.}$$

Je propose d'appeler *accélération propre* le vecteur

$$l''\cos b - 2l'b'\sin b, \quad b'' + l'^2\sin b\cos b$$

et *accélération perspective* le vecteur

$$-r(l'^2\cos^2 b + b'^2), \quad 2r'l'\cos b, \quad 2r'b'.$$

([2]) *Nouvelles Annales*, 5e série, 2, 1923, p. 98-108 et 216-231.

Les composantes de l'accélération propre ne sont autres que les dérivées secondes des coordonnées de l'étoile mesurées sur un cliché.

2. Soient $O\xi\eta\zeta$ des axes galactiques dont le premier est dirigé vers le centre de la galaxie et le dernier vers son pôle.

Au voisinage du Soleil le potentiel de gravitation de la galaxie est

$$-U = \frac{n^2}{2}\{(R_0+\xi)^2+\eta^2\}+\frac{1}{2}\alpha\xi^2+\frac{1}{2}\alpha'\zeta^2+\ldots,$$

où

$$n = -3,07.10^{-8}, \qquad \alpha = -1,95.10^{-15}, \qquad \alpha' = +5,65.10^{-15},$$

en prenant pour unités le parsec, la masse solaire et l'année.

On en déduit que la dérivée de la vitesse radiale (en km/sec^{-1}) a pour expression

$$\rho' = r[0,95.10^{-9}\cos^2 b\cos 2l - 5,56.10^{-9}\sin^2 b + 0.03.10^{-9} + 2,31.10^{-5}\mu^2],$$

où r est évalué en parsec, μ en seconde d'arc.an^{-1}. Dans les meilleures conditions cette accélération ne sera pas observable avant des milliers d'années.

L'accélération propre est

$$\gamma_{p,l} = -2,01.10^{-10}\cos^2 b\sin 2l - 2,04.10^{-6}\frac{1}{r}\rho\mu_l\cos b,$$

$$\gamma_{p,b} = -2,01.10^{-10}\sin b\cos b\cos 2l - 1,17.10^{-9}\sin b\cos b - 2,04.10^{-6}\frac{1}{r}\rho\mu_b.$$

Seuls les termes d'accélération perspective sont actuellement observables. Ceux de l'étoile de Barnard ont été déterminés par Van de Kamp. Ils permettront dans un proche avenir une détermination précise des parallaxes des étoiles proches.

3. Les accélérations précédentes sont rapportées au Soleil. Il importe d'en étudier l'accélération solaire. La partie de cette accélération due à l'action des planètes n'est pas négligeable. Celle de Jupiter, qui est prépondérante, provoque sur une étoile située à 1 parsec une révolution apparente sur une ellipse de demi-grand axe 0",005.

Il y aura lieu d'en tenir compte dans les mesures d'accélérations stellaires et même de parallaxes.

Enfin une étoile proche de masse M_0 (unité masse solaire) située à une distance R_0(*u. a.*), ne donnerait d'effets observables sur les accélérations stellaires que si

$$R_0 < 460\sqrt[3]{M_0}.$$

Une telle masse n'a pas été observée, elle aurait du reste exercé sur le mouvement des planètes extérieures des perturbations supérieures à la précision des observations actuelles.

Il n'y a donc pas lieu de tenir compte des étoiles proches dans l'accélération solaire.

ASTRONOMIE. — *Sur la variation saisonnière de la rotation de la Terre.* Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. André Danjon.

L'étude de la marche des horloges à quartz et des pendules pendant cinq années (1934-1937 et 1946-1947) nous a révélé l'existence de termes saisonniers dans la vitesse de rotation journalière de la Terre autour de son axe ([1]).

Nous avons trouvé que la vitesse de rotation de la Terre est plus grande entre les mois de juin et de novembre et plus petite pendant le reste de l'année que la vitesse moyenne journalière. La durée du jour oscille entre $+0^s,001.16$ et $-0^s,001.36$ par rapport à sa valeur moyenne annuelle.

Étant donné que $0^s,001$ à l'équateur correspond à 46^{cm}, nous avons un retard journalier maximum de la Terre de 53^{cm} par rapport à sa rotation moyenne et une avance journalière maximum de 63^{cm} à l'équateur.

Quand la Terre retarde, les secondes des garde-temps d'après les observations astronomiques deviennent plus courtes : apparemment les garde-temps avancent. Pour rétablir, pour cette période, la régularité vraie des garde-temps, il faut augmenter la correction des horloges d'après les observations astronomiques.

La variation de la vitesse de rotation de la Terre peut provenir, en partie, de la variation des dimensions de celle-ci; on peut, par conséquent, constater une variation de la pesanteur à sa surface. Il est donc possible qu'il existe une différence entre les valeurs trouvées avec les horloges à quartz et celles trouvées avec les pendules. En séparant les résultats respectivement obtenus avec les horloges à quartz (ΔT_q) et avec les pendules (ΔT_p), nous avons trouvé les valeurs suivantes pour les corrections correspondantes des garde-temps :

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
ΔT_q	$-0^s,053.9$	-34.2	-2.5	$+32.8$	$+59.8$	$+72.0$
ΔT_p	-30.0	-20.6	-0.8	$+31.4$	$+56.7$	$+61.2$
	Juillet.	**Août.**	**Septembre.**	**Octobre.**	**Novembre.**	**Décembre.**
ΔT_q	$+64.7$	$+35.8$	-5.6	-43.3	-62.5	-63.1
ΔT_p	$+45.7$	$+11.7$	-24.8	-44.4	-46.4	-39.1

où le signe + correspond au retard.

La discussion de ces résultats nous donne les valeurs suivantes des corrections ΔT_q et ΔT_p.

$$\Delta T_q = +0^s,069.24 \sin(t + 20^h\,4^m\,8^s) + 0^s,005.63 \sin 2(t + 3^h 38^m 14^s),$$
$$\Delta T_p = +0^s,052.98 \sin(t + 20^h 53^m 31^s) + 0^s,012.06 \sin 2(t + 4^h 46^m 25^s),$$

([1]) N. Stoyko, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 79 et *Bulletin de la classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique*, 5e série, 35, 1949, p. 669.

où t est compté à partir du janvier 0 et où une heure correspond à 365:24 jours. Ces valeurs sont du même ordre que celles que nous avons trouvées en 1937.

Cette formule nous donne les corrections qu'il faut ajouter aux observations astronomiques pour avoir les corrections correspondantes des garde-temps, par rapport au temps uniforme, pendant une année.

Ces corrections sont données de dix en dix jours et en millièmes de seconde de temps dans le tableau I.

TABLEAU I.

	Janvier.				Février.		Mars.				Avril.		
Date....	0	10	20	30	9	19	1	11	21	31	10	20	30
ΔT_q.....	−54	−48	−41	−33	−24	−14	−4	+7	+18	+29	+40	+50	+58
ΔT_p.....	−31	−28	−25	−20	−15	− 8	0	+8	+18	+28	+38	+47	+54

	Mai.			Juin.			Juillet.			Août.		
Date....	10	20	30	9	19	29	9	19	29	8	18	28
ΔT_q.....	+65	+70	+73	+74	+71	+66	+60	+49	+38	+26	+12	− 1
ΔT_p.....	+60	+63	+64	+61	+56	+48	+38	+26	+14	+ 2	−10	−21

	Septembre.			Octobre.			Novembre.			Décembre.		
Date....	7	17	27	7	17	27	6	16	26	6	16	26
ΔT_q.....	−14	−26	−37	−47	−54	−60	−64	−65	−65	−64	−61	−57
ΔT_p.....	−30	−37	−42	−45	−47	−46	−45	−43	−41	−38	−35	−32

Les valeurs ΔT_q pour les horloges à quartz donnent le retard ou l'avance de la Terre par rapport à sa position moyenne, tandis que les valeurs ΔT_p pour les pendules à balancier donnent la différence entre cette variation de la rotation de la Terre et la partie provenant de la variation de la pesanteur.

Les calculs montrent qu'un quart au maximum de la variation de la vitesse de rotation de la Terre peut provenir de la variation des dimensions de celle-ci. Donc la majeure partie de cette variation doit provenir des changements des conditions météorologiques ([2]).

La Terre, par rapport à sa position moyenne dans la rotation autour de son axe, est en retard de $0^s,074$ au mois de juin et en avance de $0^s,065$ au mois de novembre, ce qui, à l'équateur, correspond à des différences respectives de 34^m et de 30^m, l'amplitude totale étant de 64^m.

Ces résultats sont confirmés dans leur ensemble par les conclusions d'une étude des horloges à quartz faite par M. H. F. Finch, à l'observatoire de Greenwich.

([2]) N. STOYKO, *loc. cit.;* F. H. VAN DEN DINGEN, J. F. COX et J. VAN MIEGHEM, *Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique*, 5e série, 35, 1949, p 642.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la répartition énergétique du spectre continu solaire dans l'ultraviolet.* Note de M. **Raymond Michard**, présentée par M. Bernard Lyot.

Depuis la discussion par Mulders (¹) des données énergétiques sur le spectre continu solaire pris au *centre du disque*, de nouvelles observations ont été publiées sur la partie bleue et ultraviolette : ce sont les mesures radiométriques de Pettit (²), qui donnent l'intensité émise par bandes de 100 Å, et les mesures photographiques de Chalonge-Canavaggia (³) qui concernent la répartition énergétique du continuum tel qu'on peut l'apercevoir dans les étroites *fenêtres* subsistant entre les raies d'absorption. Appelons $\varepsilon_\lambda \Delta\lambda$ la largeur équivalente totale des raies contenues dans un intervalle $\Delta\lambda$ centré à la longueur d'onde λ. En corrigeant les mesures de Pettit au moyen des valeurs de ε_λ données par Mulders, on devrait retomber sur les résultats de Chalonge-Canavaggia; il n'en est rien, ce qui prouve que les ε_λ de Mulders sont sous-estimés. Wempe (⁴) a mesuré sur l'*Atlas Photométrique d'Utrecht* de nouvelles valeurs de ε_λ : celles-ci sont également insuffisantes dans la région λλ 4000-3000 Å; d'abord parce que le continuum s'écarte beaucoup de sa position normale (ordonnée 100) sur les enregistrements du domaine λλ 4000-3700; ensuite parce que la région λλ 3600-3300 représente le spectre de la lumière intégrée du disque, non de celle du centre.

a. Nous avons déterminé de nouvelles corrections de raies ε_λ pour le domaine λλ 4200-3100 Å. Pour cela, des enregistrements en *intensité* de spectres aimablement prêtés par Chalonge, ont été obtenus par la technique déjà employée pour l'Atlas d'Utrecht. Sur ces enregistrements, le continuum a été tracé uniquement au moyen des *fenêtres* reconnues par Chalonge, et en appliquant des corrections pour tenir compte de la résolution insuffisante des spectres. Ces corrections constituent la source majeure d'incertitude quant au tracé du continuum. Pour le domaine λλ 4000-3700 qui ne contient *aucune fenêtre*, le continuum a été tracé en utilisant les fenêtres disponibles au voisinage de λ 4000 et λ 3660, et en admettant à λ 3700 l'existence d'une discontinuité de Balmer $D = 0,12$ selon la définition et les résultats de Chalonge. Les valeurs trouvées pour ε_λ par planimétrie des enregistrements et du continuum sont données dans le tableau suivant :

(¹) *Zts. f. Astrophys.*, **11**, 1935-1936, p. 132.

(²) *Astrophys. J.*, **91**, 1940, p. 159.

(³) *Ann. Astrophys.*, **9**, 1946, p. 143.

(⁴) *Astr. Nachr.*, **275**, 1947, p. 97.

Domaine.	ε_λ.	Domaine.	ε_λ.	Domaine.	ε_λ.
3100-3150...	0,44	3550-3650...	0,43	3850-3950...	0,58
3150-3250...	0,41	3650-3700...	0,32	3950-4050...	0,35
3250-3350...	0,34	3700-3750...	0,59	4050-4150...	0,27
3350-3450...	0,40	3750-3850...	0,60	4150-4250...	0,27
3450-3550...	0,41				

b. Si les résultats radiométriques de Pettit sont corrigés au moyen des valeurs ε_λ ci-dessus complétées pour les plus grandes longueurs d'onde par celles de Wempe, ils peuvent être représentés par les températures de couleur $T_1 = 7250°$ ($\lambda\lambda$ 7000-3700), $T_2 = 5550°$ ($\lambda\lambda$ 3700-3100) et une discontinuité de Balmer $D = 0,14$. Dans une récente mise au point de leurs résultats (5), Chalonge-Canavaggia trouvent $T_1 = 7150°$, $T_2 = 5900°$, $D = 0,123$. Mesures radiométriques corrigées des raies, et mesures spectrophotométriques sur les fenêtres, sont donc en accord satisfaisant.

c. Nous avons calculé la constante de *blanketing* en utilisant les nouvelles valeurs ε_λ et une répartition énergétique définie par les nombres $T_1 = 7150°$, $T_2 = 5780°$; $D = 0,127$. Le résultat est $\eta = 0,124$, nombre sensiblement plus fort que les valeurs précédemment admises.

d. Une discussion de la position du spectre continu dans l'Atlas d'Utrecht nous a montré qu'il s'écarte systématiquement de sa place normale (ordonnée 100) dans le domaine $\lambda\lambda$ 4000-3700. Ceci est dû au fait que dans cette région spectrale, le continuum est masqué par les raies H et K, l'accumulation des raies faibles, et surtout l'existence de raies de Balmer larges et diffuses.

Le détail de cette étude sera publié au *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'opacité de la photosphère solaire entre* 6700 *et* 23000 Å. Note (*) de M. **Roger Peyturaux**, présentée par M. André Danjon.

Dans un article publié en 1946 (1), Chalonge et Kourganoff ont décrit une méthode permettant de déterminer l'opacité de la photosphère solaire quand on connaît la répartition spectrale de l'énergie au centre du disque $I_\lambda(O)$ et l'assombrissement centre-bord.

Nous avons utilisé cette méthode en adoptant pour l'assombrissement centre-bord, les mesures que nous avons effectuées l'été dernier à l'Observatoire de Haute-Provence. Ces mesures ont été publiées récemment (2).

(5) Communication privée.

(*) Séance du 30 janvier 1950.

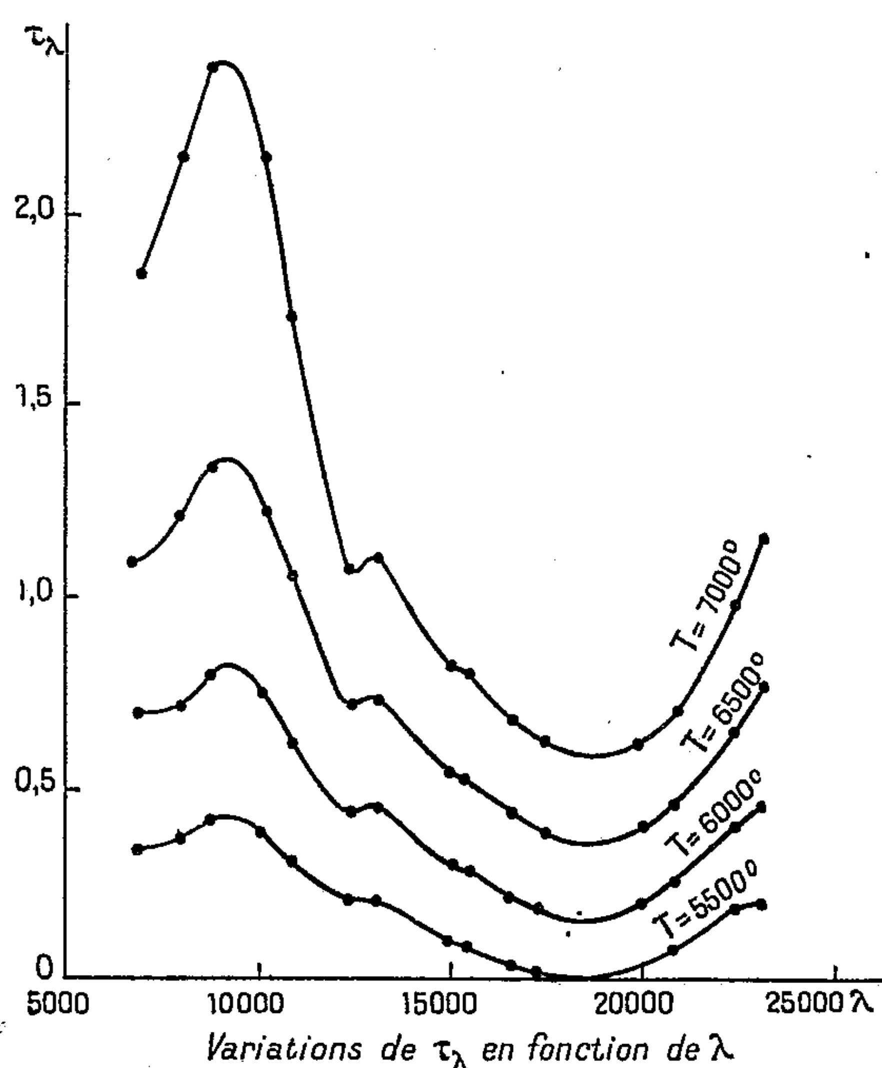
(1) *Ann. Astroph.*, 9, nos 1-2, 1946, p. 69.

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 368.

Pour l'énergie au centre nous avons conservé les résultats de Mulders (3) qui sont les seuls existant à l'heure actuelle. L'application de cette méthode exige l'utilisation d'une relation empirique pour représenter l'assombrissement. Nous avons adopté la formule

$$\varphi_\lambda(\theta) = A_\lambda + B_\lambda \cos\theta + C_\lambda \cos^2\theta,$$

et suivant la méthode décrite dans (1) nous avons obtenu les courbes représentées sur la figure qui montrent les variations de τ_λ en fonction de λ pour les températures 5500, 6000, 6500, 7000°.



Variations de τ_λ en fonction de λ.

L'examen de ces courbes conduit aux remarques suivantes :

1° Leur allure est la même que celles obtenues par Chalonge et Kourganoff à partir des mesures d'Abbot, mais le minimum n'est pas à la même place. Ce désaccord n'est qu'apparent, car le nombre trop faible de points utilisés par ces auteurs ne leur permettait pas de définir le minimum avec précision.

2° D'autre part si nous les comparons à celles de la page 87 de l'article de Chalonge et Kourganoff qui est due à Mulders et ne fait intervenir que $I_\lambda(0)$, nous voyons que le minimum est à la même place, et que l'on retrouve le crochet à peu près au même endroit (13000 Å).

Il en résulte que, vraisemblablement, l'assombrissement n'a pas une grande incidence sur la position de ce minimum.

(3) *Zeitschrift für Astrophysik*, **11**, 1936, p. 143.

La coïncidence avec la courbe de H^- semble donc moins bonne que Chalonge ne l'avançait ([4]). Ce désaccord peut s'expliquer de deux façons.

1° La courbe de $I_\lambda(0)$ donnée par Mulders est bonne. Dans ce cas le potentiel d'ionisation de H^- n'est pas 0,75 eV comme Chandrasekhar l'avait supposé pour ses calculs théoriques d'absorption, mais 0,67 eV, car le minimum est à $\lambda = 18\,700$ Å au lieu de 16 550 Å. En outre, une nouvelle cause d'absorption semble se manifester au-dessous de 8 000 Å. Le crochet vers 13 000 Å n'est peut-être dû qu'à l'utilisation par Mulders, de mesures d'origines différentes.

2° La courbe de Mulders est inexacte.

De toute façon de nouvelles mesures de $I_\lambda(0)$ sont urgentes. Nous allons les entreprendre le plus tôt possible.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la part de l'expérience dans la construction de l'espace physique par un observateur solitaire.* Note de Mlle **Florence Aeschlimann**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous considérons l'espace physique, non pas comme une réalité objective exprimée *a priori*, mais comme la construction que fait un observateur pour servir de cadre de représentation à ses résultats de mesures. Ainsi que l'ont souligné Henri Poincaré et après lui, M. E. A. Milne, la construction de l'espace physique comporte une grande part de convention et il est malaisé de distinguer, dans la notion d'espace, la part due à la convention de celle due à l'expérience et à l'intuition. On sait cependant que tout élément conventionnel ne doit pas être mis en défaut par l'expérience. Par rapport à un ensemble donné de résultats expérimentaux, il est facile de dégager les éléments conventionnels. Ce sont les éléments que cet ensemble d'expériences laisse indéterminés. Il se peut qu'une expérience (l'expérience étant imprévisible dans sa totalité) retire à un élément son caractère conventionnel en le déterminant. On voit donc que toute convention est liée à un état de nos connaissances relatif à un ensemble déterminé d'expériences.

2. On peut considérer comme résultat d'expérience, le fait que l'espace physique est approximativement euclidien dans le domaine de l'expérience géométrique directe. L'observateur prolonge ce domaine au moyen de procédés d'arpentages et de procédés géodésiques, mais les mesures de ce type ne lui fournissent aucune indication sur les distances supérieures à celles de l'expérimentation directe.

Par le procédé d'un signal émis à un instant t_1, réfléchi par le système observé et reçu à un instant t_2 de son horloge, l'observateur peut convenir d'attribuer une distance et une époque de réflexion au moyen de fonctions de

---

([4]) *Physica*, 12, n°s 9-10, p. 728.

ces deux instants, ainsi que l'ont fait MM. E. A. Milne et J.-L. Destouches à sa suite. En désignant ces fonctions par f_R et f_T, on a

$$R_S = f_R(t_1, t_2); \qquad T_S = f_T(t_1, t_2).$$

La distance R_S et l'époque T_S étant conventionnelles, on peut fixer arbitrairement les fonctions f_R et f_T. Cependant, l'observateur soumet la fonction f_T à la notion intuitive d'ordination des événements dans le temps

$$t_1 < T_S < t_2 \quad \text{si} \quad t_1 \neq t_2 \quad \text{et} \quad t_1 = T_S = t_2 \quad \text{si} \quad t_1 = t_2$$

avec, dans ce cas $R_S = 0$. Il existe un domaine où l'on peut à la fois, mesurer avec un étalon de longueur des distances géométriques directes r_S et distinguer des époques d'émission et de réception de signaux. La distance conventionnelle R_S ne jouera le rôle de distance que si elle est soumise aux mêmes conditions que r_S (raccordement). Une loi expérimentale fixe que si S_1, S_2, S_{12} sont tels que $r_{12} = r_1 + r_2$, alors un signal émis à t_0 par Ob, réfléchi par S_1, puis par Ob, enfin par S_2, parvient à Ob à un instant t_2 non expérimentalement distinct de t_{12}, instant d'arrivée du signal émis à t_0 et réfléchi par S_{12}. Cette condition d'addivité (dont ni M. Milne, ni M. Causse non tenu compte) impose à f_R la forme

$$f_R(t_0, t_1) = (t_1 - t_0)b(t_0) + \frac{1}{2}(t_1 - t_0)^2 b'(t_0) + (t_1 - t_0)^3 h(t_0, t_1),$$

où $b(t_0)$ est une fonction univoque et dérivable et $h(t_0, t_1)$ est une fonction univoque ayant toutes ses valeurs finies et deux fois dérivable par rapport à t_0 et à t_1.

3. Une notion ou une propriété est dite *cinématique* si elle subsiste lors d'une regraduation de l'horloge de l'observateur. Les instants T_S et les distances R_S sont de caractère non cinématique. Soit la regraduation $\tau = \varphi(t)$; si $t_a = T_S$, on aura $\tau_a = \varphi(t_a)$ et $\tau_S = f_\tau(\tau_1, \tau_2)$. Les instants τ_a et τ_S ne sont en général pas simultanés. De même, des distances égales ne le sont plus après regraduation de l'horloge. On peut trouver une fonction $f_\rho(\tau_1, \tau_2)$ qui soit égale à $f_R(t_1, t_2)$ et qui conserve ainsi les distances dans ce changement de représentation spatio-temporelle et l'on pourrait également trouver une fonction f_τ qui conserve les simultanéités. M. Milne préfère, lors d'un changement d'échelle des temps, conserver inchangée la forme des fonctions f_T et f_R et modifier les simultanéités et les égalités de distances en construisant un autre tableau spatio-temporel de l'univers après la regraduation de l'horloge. On voit ainsi qu'il existe, correspondant aux mêmes lois physiques, à la même structure de l'univers, des représentations géométriques de l'univers très différentes les unes des autres.

4. Pour maintenir les simultanéités et les distances lors d'un changement d'unité de temps $\tau = kt$, il faut satisfaire aux équations fonctionnelles

$$f_T(kt_1, kt_2) = kf_T(t_1, t_2); \qquad f_R(t_1, t_2) = f_R(kt_1, kt_2),$$

on trouve les solutions pour k fixé

$$f_{\rm T}(t_1, t_2) = (at_1 + bt_2)\,\Phi\left(\frac{2\pi}{\operatorname{Log} k}\operatorname{Log} t_1, \frac{t_1}{t_2}\right); \qquad f_{\rm R}(t_1, t_2) = \Phi_1\left(\frac{2\pi}{\operatorname{Log} k}\operatorname{Log} t_1, \frac{t_1}{t_2}\right),$$

où Φ et Φ_1 sont des fonctions arbitraires en t_1/t_2 et de période 2π par rapport au premier argument. Si la relation doit avoir lieu quel que soit le changement d'unité, les fonctions Φ et Φ_1 se réduisent à des fonctions de t_1/t_2. Si l'on pose que les distances sont multipliées par $K(k)$ lors d'un changement d'unité de temps quelconque, alors on obtient une équation fonctionnelle qui a pour solutions :

$$f_{\rm R}(t_1, t_2) = t_1^{\alpha}(at_1 + bt_2)\,\Phi\left(\frac{t_1}{t_2}\right) \qquad \text{et} \qquad K(k) = k^{\alpha+1}.$$

5. L'observateur complète ses mesures de distances par des mesures d'orientation au moyen d'un théodolite. Son espace physique n'est pas complètement déterminé par des mesures géométriques directes locales, des mesures d'orientation et des mesures de distance à l'observateur, car ainsi il n'a pas fixé la distance de deux points quelconques. Cependant aucune des conditions obtenues au moyen de ces trois types de mesures ne conduit à un doute sur le caractère euclidien de l'espace physique. Ce doute ne naît qu'en physique collective.

PROPAGATION DES ONDES. — *Sur la focalisation d'une onde*. Note (*) de MM. **Jean Ortusi** et **Jean-Claude Simon**, présentée par M. Camille Gutton.

Considérons un système de propagation d'onde de nature quelconque. Supposons le phénomène de révolution autour de l'axe xx', au moyen d'un système (Σ) quelconque, nous pouvons transformer une surface d'onde (S) sphérique au deuxième ordre près et de centre I en une surface d'onde (S') sphérique au deuxième ordre près de centre I′, nous dirons que I′ est l'image de I à travers (Σ) au sens de Gauss. Dans le cas où l'un des points est à l'infini nous dirons qu'il y a focalisation.

Or la transformation de (S) en (S') peut se ramener à un simple déphasage entre un point de (R) et le point correspondant de (S') défini par les angles α et α'. Dans le cas de l'approximation de Gauss, le déphasage peut être une fonction quelconque α assujettie seulement à la condition d'avoir un extremum sur l'axe. En particulier les lentilles optiques peuvent être interprétées par ces seules considérations.

A partir de ces idées, nous pouvons considérer un système (Σ) dont le coefficient de transmission présente un argument fonction de l'angle α. Si cette

(*) Séance du 14 novembre 1949.

fonction présente un extremum sur l'axe, elle transformera donc une onde sphérique incidente en une onde transmise sphérique dans l'approximation de Gauss et de centre différent. En particulier, on voit que la fonction déphasage

$$\varphi(\alpha) = \varphi'_0 + \frac{1}{2}\alpha^2\varphi''_0 + \ldots$$

correspond à une distance focale donnée par $f = \lambda\varphi''_0/2\pi$.

Il peut exister plusieurs systèmes plans, dont le coefficient de transmission présente un déphasage variable suivant l'angle d'incidence. Considérons par exemple, un trou circulaire percé dans une plaque réfléchissante indéfinie. Supposons le trou de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, la surface d'onde se déforme comme l'indique la figure 2. L'onde transmise présente une

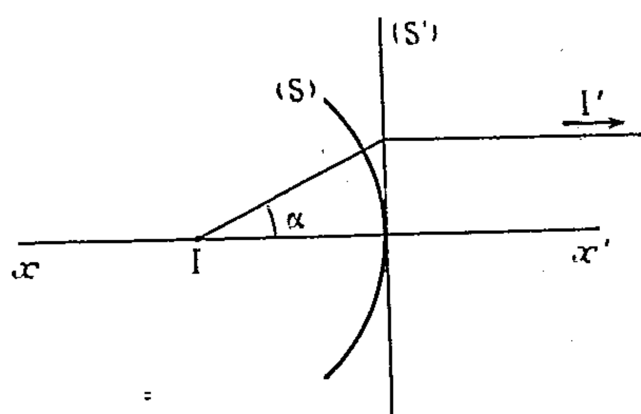
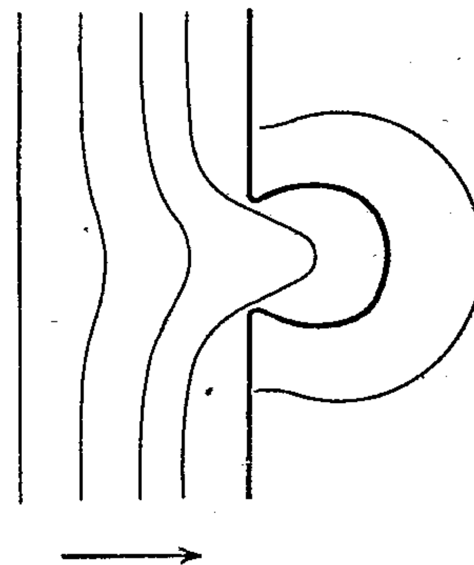


Fig. 1.


Fig. 2.

avance de phase sur l'onde incidente. Cette avance de phase dépend du diamètre du trou. Si nous considérons maintenant une surface d'onde dont la direction de propagation est inclinée d'un certain angle sur l'axe, le diamètre apparent du trou diminue et par suite l'onde transmise présente une avance de phase différente de celle qui correspond à une direction normale. Pour un diamètre déterminé du trou, une inclinaison de la direction de propagation peut créer une avance de phase sur l'avance dans l'axe. Si nous considérons une plaque percée de trous identiques de diamètre *d*, cette plaque constitue un système qui focalise, la focalisation étant caractérisée par la constanse φ'''_0 fonction du paramètre *d*. La plaque est dans ce cas analogue à une lentille convergente possédant une distance focale égale à $\lambda\varphi'''_0/2\pi$.

Une telle plaque possède un coefficient de réflexion essentiellement différent de zéro. Dans ces conditions, il est nécessaire pour obtenir un système (Σ') transmettant la totalité de l'énergie, de disposer d'un certain nombre de plaques parallèles convenablement placées, et dont les coefficients de réflexion moyen satisfont aux lois générales des filtres d'onde. On obtient par la présence de plusieurs plaques une nouvelle distance focale. La variation du déphasage est en effet modifiée par l'association des différentes plaques. La

position relative des plaques conditionne essentiellement le module du coefficient de transmission, donc la bande passante du système.

Des expériences ont été faites sur des ondes électromagnétiques de 8^{cm} de longueur d'onde. Un système déphaseur constitué par trois plaques de 50^{cm} sur 50^{cm} percées de trous circulaires de diamètre 31^{mm} donne une distance focale de 50^{cm}. La distance entre trous de la plaque centrale était relativement plus grande que pour les plaques extrêmes. Ceci a permis d'obtenir une bande passante de 200 Mc avec un taux d'onde stationnaire inférieur à 1,5 dans cette bande.

L'intérêt de ce procédé est d'avoir un effet de focalisation obtenu par déphasage à l'aide d'une surface. Au contraire, la focalisation des lentilles optiques est due à la différence des chemins optiques à l'intérieur d'un volume de contour déterminé.

ÉLECTRICITÉ. — *Perméabilité apparente et facteur de surtension des poudres magnétiques*. Note (*) de M. **Antoine Colombani**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La perméabilité apparente μ_a, le coefficient de surtension Q_F et le facteur de réduction de flux d'une poudre formée de grains magnétiques isolés de rayon a et placée dans un champ magnétique périodique uniforme peuvent être calculées en régime quasi stationnaire.

Pour des solutions harmoniques, les équations de Maxwell en coordonnées sphériques rapportées à un seul grain supposé sphérique se réduisent aux trois équations suivantes (en U. E. M.) :

$$\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}(h_\varphi\sin\theta)+j\omega\mu h_r=0, \tag{1}$$

$$-\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rh_\varphi)+j\omega\mu H_0=0, \tag{2}$$

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rH_0)-\frac{1}{r}\frac{\partial H_r}{\partial\theta}-4\pi\gamma h_\varphi=0, \tag{3}$$

où μ, γ sont la perméabilité et la conductibilité du grain. Le champ magnétique H_0 dirigé suivant l'axe Oz du grain et le champ électrique h sont indépendants du temps.

En posant $K=\sqrt{-j4\pi\mu\omega\gamma}$ et $S=rh_\varphi\sin\theta$, on déduit l'équation

$$\frac{\partial^2 S}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 S}{\partial\theta^2}-\frac{1}{r^2}\operatorname{cotg}\theta\frac{\partial S}{\partial\theta}+K^2S=0. \tag{4}$$

L'étude de cette équation conduit aux solutions suivantes :

(*) Séance du 23 janvier 1950.

A l'intérieur du grain

$$S_i = NH_0\left[\frac{\sin Kr}{Kr} - \cos Kr\right]\sin^2\theta.$$

A l'extérieur du grain

$$S_e = H_0\left[-\frac{j\omega r^2}{2} + \frac{B}{r}\right]\sin^2\theta.$$

Les constantes B et N sont obtenues par les conditions de continuité des champs à la surface de séparation du grain et du milieu isolant.

En introduisant les fonctions de Bessel : $J_{1/2}(Kr)$, $J_{3/2}(Kr)$, $J_{5/2}(Kr)$, on trouve les champs magnétiques intérieurs par l'intermédiaire de (1) et (2)

$$(5)\qquad H_r = H_0\frac{jNK}{3\mu\omega}(2\pi K)^{\frac{1}{2}}\cos\theta\, r^{-\frac{1}{2}}\left[J_{\frac{1}{2}}(Kr) + J_{\frac{5}{2}}(Kr)\right],$$

$$(6)\qquad H_\theta = H_0\frac{jNK}{3\mu\omega}(2\pi K)^{\frac{1}{2}}\sin\theta\left[\frac{1}{2}J_{\frac{5}{2}}(Kr) - J_{\frac{1}{2}}(Kr)\right].$$

D'où l'aimantation du grain par une intégrale triple de la composante H_z étendue à son volume

$$I = \int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{a}\frac{\mu-1}{4\pi}H_z\,dv = H_0\frac{jN}{3\mu\omega}(2\pi K)^{\frac{1}{2}}(\mu-1)\,a^{\frac{3}{2}}J_{\frac{3}{2}}(Ka) = \alpha H_0.$$

Si l'on veut étendre ce résultat à un ensemble de grains séparés par de faibles distances, il faut introduire au lieu de H_0 un champ efficace

$$F = H_0 + \frac{4\pi}{3}\mathcal{J} \qquad \text{avec} \quad \mathcal{J} = NI,$$

N étant le nombre de grains par unité de volume et $\mathcal{J}$ étant supposé uniforme dans tout le volume.

Si l'on pose $\tau = 4\pi a^3 N/3$ $(0 \leqq \tau \leqq 1)$ on en tire, après calculs,

$$(8)\qquad \mu_a = \frac{[\mu + 2 + 2\tau(\mu-1)]J_{\frac{1}{2}}(Ka) + (\mu-1)(1+2\tau)J_{\frac{5}{2}}(Ka)}{[\mu + 2 - \tau(\mu-1)]J_{\frac{1}{2}}(Ka) + (\mu-1)(1-\tau)J_{\frac{5}{2}}(Ka)}.$$

Si Ka est petit,

$$(9)\qquad \mu_{0_a} = \frac{3 + (\mu-1)(2\tau+1)}{3 + (\mu-1)(1-\tau)}.$$

Posons $s = \sqrt{2\pi\mu\omega\gamma}\,a$. Lorsque Ka n'est plus petit, μ_a est complexe. Après de longs calculs, on trouve :

$$\mu_r = \frac{(\mu-1)^2(1-\tau)(1+2\tau)[1+2s^2R-2sP] + 4s^4 + 2s^3(\mu-1)(2+\tau)Q}{(\mu-1)^2(1-\tau)^2[1+2s^2R-2sP] + 4s^4 + 4s^3(\mu-1)(1-\tau)Q},$$

$$\mu_i = 3\tau(\mu-1)s^2\frac{1-sP}{(\mu-1)^2(1-\tau)^2[1+2s^2R-2sP] + 4s^4 + 4s^3(\mu-1)(1-\tau)Q},$$

avec

$$P = \frac{\operatorname{sh}2s + \sin 2s}{\operatorname{ch}2s - \cos 2s}, \qquad Q = \frac{\operatorname{sh}2s - \sin 2s}{\operatorname{ch}2s - \cos 2s}, \qquad R = \frac{\operatorname{ch}2s + \cos 2s}{\operatorname{ch}2s - \cos 2s}.$$

Parmi d'autres observations, on note en accord avec l'expérience que μ_a *tend vers* 1 quand la fréquence croît. C'est là un gros avantage de la poudre sur le noyau magnétique plein dont la perméabilité apparente tend vers zéro quand la fréquence augmente.

On constate aussi que le facteur de réduction de flux : $\eta = \mu_r/\mu_{0_a}$ *reste encore voisin de l'unité* pour des fréquences bien plus élevées que pour le noyau plein.

Enfin, le facteur de surtension $Q_F = -(\mu_r/\mu_i)$ qui est grand pour de faibles valeurs de s décroît et passe par un minimum quand s croît. Ce minimum correspond en général à des fréquences très au-dessus du domaine d'utilisation.

Toutes les formules qui viennent d'être brièvement données sont en très bon accord avec les résultats expérimentaux.

ÉLECTRICITÉ. — *Le comportement de la conductibilité électrique de quelques semi-conducteurs ioniques lors du passage par un point de transformation ou de transition.* Note (*) de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La recherche et l'étude des transformations de divers ordres du corps pur mettent principalement en œuvre des méthodes *thermiques :* dilatométrie, mesure des chaleurs spécifiques aux différentes températures, analyse thermique différentielle, mesure des chaleurs de transformation. On s'est demandé si l'étude de certaines grandeurs électriques ne pourraient pas donner à ce sujet des renseignements utiles. Cette Note résume le résultat de mesures relatives de conductibilité électrique réalisées sur quelques sels, dans un domaine de températures comprenant un point de transformation (1er ordre) ou de transition (2e ordre). Dans tous les cas, ces sels sont finement pulvérisés, comprimés entre deux électrodes de platine et soigneusement déshydratés avant toute mesure.

1° *Iodure mercurique.* — La variété rouge, stable à la température ordinaire, se transforme à 137°C en une variété jaune avec absorption de chaleur et augmentation de volume. La conductibilité électrique C d'un échantillon de ce sel, mesurée à partir de 90°C, croît rapidement avec la température suivant une loi bien représentée par la formule : $C = A e^{-(B)/\Theta}$. Aux environs immédiats de 135°C, on observe une chute verticale de la conductibilité, qui devient au moins dix fois plus petite, puis la croissance reprend avec la température. Par refroidissement, les phénomènes se reproduisent en sens inverse, mais on observe le retard à la transformation bien connu et qui peut être considérable.

2. *Nitrate de potassium.* — D'après Kracek [1], ce sel subit à 128° C une transformation cristalline, de la forme (II), stable à la température ordinaire

(*) Séance du 30 janvier 1950.

[1] *J. Chem. Phys.*, 34, 1930, p. 225.

sous la pression normale, en une forme (I). Par refroidissement du sel parfaitement desséché, la forme (I) se transforme en une forme intermédiaire (III) vers 124° C, et ce n'est que vers 105° C que le sel retourne à la forme (II).

La mesure de la conductibilité électrique C a permis de retrouver ces transformations. Jusque vers 129° C, le sel est très peu conducteur; mais, à cette température, la conductivité se met à croître presque verticalement. Il y a donc une discontinuité de C; pour des températures légèrement plus élevées, la croissance de C est régulière et de plus en plus rapide. Par températures décroissantes, on n'observe rien vers 128° C, sinon une décroissance régulière de C, mais, vers 123° C, il y a une chute verticale de C qui redevient extrêmement faible. Cette chute n'est environ que la moitié de la discontinuité de 129° C.

Si l'on se rappelle que Le Chatelier ([2]) a signalé que l'*iodure d'argent* subit, par élévation de température, une transformation polymorphique à 144° C, avec chaleur latente, diminution de volume et simultanément augmentation brusque et considérable de la conductibilité électrique, on voit que, pour les 3 semi-conducteurs ioniques précédents, la conductibilité électrique C subit une discontinuité, sinon à la température de transformation polymorphique (1er ordre), du moins à une température très voisine, $dC/d\Theta$ devenant par conséquent infiniment grand à cette température.

3. *Nitrite de sodium.* — Ce sel montre, aux environs de 160° C, des anomalies de chaleur spécifique ([3]), de dilatation ([4]) et une disparition très rapide de la piézoélectricité ([4]); il semble donc qu'on soit en présence d'une transition du 2e ordre.

La conductibilité électrique de ce sel croît rapidement en même temps que la température et, à partir de 100° C, ces variations sont bien représentées par une expression de la forme $\log C = A - B/\Theta$, (Θ, température absolue); la courbe $\log C = f(1/\Theta)$ est donc une droite à pente négative. Mais aux environs de 160-162° C, cette droite montre un coude brusque sans qu'il y ait discontinuité de C, la constante B diminuant de 45 % environ.

4. *Nitrate de sodium.* — La transition du 2e ordre que ce sel montre à 275° C a été bien étudiée par Kracek ([5]) qui a mis en évidence des anomalies de dilatation et de chaleur spécifique.

Cette transition se retrouve par les mesures de conductibilité électrique. Depuis la température de 215° C jusqu'à 275° C une formule du type $C = Ae^{-\frac{B}{\Theta}}$ représente bien les variations de la conductibilité. A cette dernière tempéra-

([2]) *Comptes rendus*, 102, 1886, p. 917.
([3]) J. Jaffray, *J. Rech. C. N. R. S.*, n° 3, 1947, p. 153.
([4]) Strijk et Mc Gillavry, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 62, 1943, p. 705.
([5]) *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 2609.

ture, sans qu'il y ait de variation brusque de C, la constante B diminue de 14 % environ. Au delà, la courbe $\log C = f(1/\Theta)$ n'est qu'approximativement linéaire, sans doute à cause de la proximité du point de fusion (308° C).

Pour les deux semi-conducteurs ioniques précédents, une transition du 2ᵉ ordre se traduit donc par la continuité de C et par une discontinuité de $dC/d\theta$, qui reste fini, à une température sinon égale, du moins très voisine de la température de transition.

On connaît un certain nombre de sels pour lesquels les variations de la conductibilité électrique en fonction de la température sont bien représentées, avec les coordonnées $1/\Theta$ et $\log C$, par deux portions de droite de pentes (négatives) différentes, se raccordant à une certaine température; c'est le cas du chlorure de sodium, du bromure de sodium, du chlorure de potassium, de l'iodure de plomb, etc. Ce changement de pente ne s'accompagne d'aucun phénomène thermique connu; il n'y a, à la température du changement de pente, ni transformation du 1ᵉʳ ordre, ni transition du 2ᵉ ordre. C'est un phénomène purement électrique qu'on a expliqué en admettant qu'aux basses températures, les porteurs de courant sont les cathions tandis qu'à partir de la température du changement de pente, les anions interviennent à leur tour dans la conduction.

Or, il semble y avoir une différence très nette entre le phénomène présenté par le chlorure de sodium et celui que montrent le nitrite et le nitrate de sodium. Dans le premier cas, l'intervention d'un nouveau porteur de courant se traduit toujours par une *augmentation* de B, tandis que le passage par un point de transition fait subir à B une *diminution*.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Application de la méthode des approximations successives de Picard à l'étude des discontinuités dans les guides d'ondes.* Note de M. **Théo Kahan**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait depuis les travaux de Schelkunoff qu'on peut ramener l'étude des phénomènes de propagation dans les guides d'ondes à la solution du système d'équations (ondes TM, axe Oz pour fixer les idées) :

$$(1)\qquad \frac{\partial \Psi}{\partial z} = -i\omega\mu U, \qquad \frac{\partial U}{\partial z} = -\left(g + i\omega\varepsilon + \frac{\chi^2}{i\omega\mu}\right)\Psi,$$

les champs électrique et magnétique associés étant définis par

$$(1\ bis)\qquad \left\{\begin{array}{ll} E = -\operatorname{rot} F, \quad F_x = F_y = 0, & F_z = \Psi; \\ H_z = \dfrac{\chi^2}{i\omega\mu}\Psi, & H_{\text{transverse}} = -\operatorname{grad} U. \end{array}\right.$$

Pour les guides circulaires, le paramètre χ est défini par

$$(2)\quad \begin{cases} \chi = \dfrac{k\sqrt{\pi}}{S}, \qquad \text{avec} \quad k^2 = \dfrac{\displaystyle\iint \left[\left(\frac{\partial T}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)^2\right] du\, dv}{\displaystyle\iint T^2\, du\, dv}; \\ u = \dfrac{x\sqrt{\pi}}{\sqrt{S}}, \qquad v = \dfrac{y\sqrt{\pi}}{\sqrt{S}}, \end{cases}$$

l'intégrale double étant étendue à la surface de la section droite S du guide. La constante modulaire k ne dépend que de la forme de la section droite et du mode de transmission particulier choisi. La fonction T est à son tour définie par

$$\Psi = T(x, y) f(z) \qquad \text{et} \qquad -\chi^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}.$$

En coordonnées cylindriques $T = J_n(\chi r)\exp(in\varphi)$, J_n étant la fonction de Bessel de première espèce d'ordre n.

Ceci posé, soit un guide de section circulaire constante jusqu'au niveau $z = z_0$, et présentant autour de z_0 une légère inhomogénéité sous la forme d'une déformation, le rayon r_0 du guide passant de la valeur r_0 à la valeur $r_0 + r(z)$ suivant une loi, pour fixer les idées, du type

$$r = r_0 + r\exp[-h(z - z_0)^2].$$

En vertu de l'équation (2), S_0 étant la section droite non perturbée, et $\lambda(z)$ la perturbation

$$\chi^2 = \frac{k^2\pi}{S} = \frac{\pi k^2}{S_0}[1 - \lambda(z)].$$

Appliquons maintenant pour résoudre le problème ainsi défini, la méthode des approximations successives due à Picard et utilisée entre autres par Schelkunoff. En intégrant (1) selon Picard, j'obtiens les équations intégrales suivantes :

$$\Psi(z) = \Psi(z_0) - \int_{z_0}^{z} i\omega\mu U(w)\, dw,$$

$$U(z) = U(z_0) - \int_{z_0}^{z} \left\{ g + i\omega\varepsilon + \frac{\pi k'^2}{S_0}[1 - \lambda(w)] \right\} \Psi(w)\, dw$$

$$= U(z_0) - \left(g + i\omega\varepsilon \frac{\pi k'^2}{S_0}\right)\left[\int_{z_0}^{z} \Psi(w)\, dw - \int_{z_0}^{z} \lambda(w)\Psi(w)\, dw\right]$$

C'est le point de départ de mes approximations successives et j'obtiens la solution cherchée sous forme d'une série infinie rapidement convergente

$$\Psi(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \Psi_n(z), \qquad U(z) = \sum_{n=0}^{\infty} U_n(z),$$

avec

$$(3\,bis)\quad \left\{\begin{array}{l} \Psi_1(z) = -\int_{z_0}^{z} i\omega\mu\,U_0(w)\,dw, \qquad U_1 = -\int_{z_0}^{z}\left\{g + i\omega\varepsilon + \pi\frac{k'^2}{S_0}[1-\lambda(\omega)]\right\}\Psi(w)\,dw, \\ \Psi_0 \text{ et } U_0 \text{ étant les solutions du problème non perturbé } (\lambda = 0), \\ \Psi_2(z) = -\int_{z_0}^{z} i\omega\mu\,U_1(w)\,dw = -\int_{z_0}^{z} i\omega\mu \\ \qquad \left[\int_{z_0}^{z}\left\{g + i\omega\varepsilon + \frac{\pi k'^2}{S_0}[1-\lambda(\omega)]\right\}\psi_0(w)\,dw\right]d'w, \\ U_2(z) = -\int_{z_0}^{z} i\omega\mu\left\{g + i\omega\varepsilon + \pi\frac{k'^2}{S_0}[1-\lambda(s)]\int_{z_0}^{z} U_0(w)\,dw\right\}dw', \end{array}\right.$$

et ainsi de suite. Les équations (1 *bis*) permettent de remonter de Ψ et U à E et H.

La même méthode s'applique bien entendu à l'étude des discontinuités en g, μ et ε; il suffira de poser $g = g_0 + g(z)$, $\mu = \mu_0 + \mu(z)$, $\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon(z)$. Plus généralement, la présente méthode se prête à l'analyse des échos provoqués par l'existence d'inhomogénéité dans le guide. Il est évident que la convergence des séries (3), (3 *bis*) est d'autant plus rapide que la perturbation λ est plus faible.

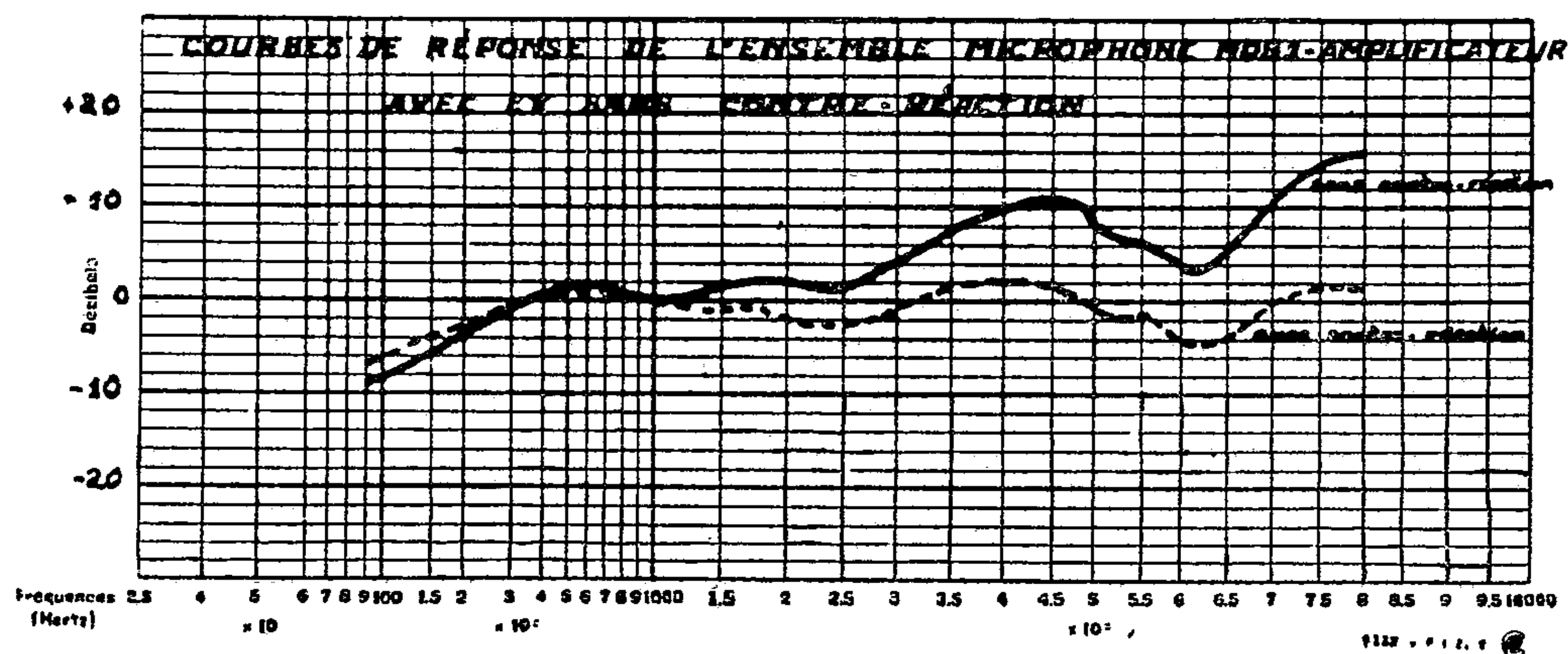
ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur l'application de la réaction négative aux systèmes électro-acoustiques*. Note (*) de MM. **Pierre Chavasse** et **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

On connaît l'application de la réaction négative à des dispositifs électriques tels que des amplificateurs, ou à des appareils mécaniques tels que des moteurs asservis, des machines tournantes dont il s'agit de régler la vitesse, etc. Un raisonnement simple, applicable en particulier aux amplificateurs, permet de mettre en évidence les propriétés essentielles du procédé : soit un amplificateur dont le gain est μ; ramenons à l'entrée une fraction β de la tension de sortie. L'étude du dispositif peut se faire, soit d'après le critère de Nyquist, soit par l'application des conditions de Routh. La première méthode repose sur la considération des propriétés des circuits en régime sinusoïdal, la seconde fait intervenir les équations différentielles auxquelles satisfait l'ensemble. Nous ne discuterons pas les avantages des deux méthodes, ni les raisons pour lesquelles nous préférons l'application de la théorie de Nyquist. Si le système est stable, c'est-à-dire n'entre pas en auto-oscillation, on trouve que le gain devient

$$g = \frac{\mu}{1-\mu\beta};$$

(*) Séance du 30 janvier 1950.

si $\mu\beta$ est grand en module par rapport à l'unité et si β est constant, on stabilise le gain en fonction de divers paramètres; le bruit de fond de l'amplificateur est réduit, les impédances modifiées, etc.



Nous avons appliqué ce principe à des microphones électro-dynamiques réversibles. Le calcul et l'expérience montrent que les forces mises en jeu sont suffisantes pour procurer un taux de réaction négative de plus de 3o db, malgré le déphasage de la bobine mobile et du transformateur. La courbe de réponse est améliorée, l'effet microphonique des tubes est réduit, etc. On peut songer à l'application de ce dispositif aux microphones électrostatiques, comme le montrent des calculs dont nous avons vérifié la validité, ainsi qu'aux systèmes d'enregistrement sonore. On a proposé de l'adopter pour les microphones à ruban. Bien entendu, il convient, dans les montages, de respecter la symétrie du système par rapport à la masse, afin d'éviter des perturbations nuisibles. Le dispositif paraît particulièrement intéressant dans la technique des mesures acoustiques ou des dispositifs acoustiques de haute qualité.

Les auteurs de la présente Note ne revendiquent pas l'invention d'un procédé dont le principe est fort ancien; ils exposent les résultats d'une étude rationnelle, quantitative et synthétique, qui conduit au parfait accord de la mesure avec le calcul. Les deux courbes ci-dessus, relatives à un microphone électrodynamique avec amplificateur, relevées avec et sans contre-réaction, montrent nettement l'effet de cette dernière.

Dans cette application, le taux de réaction négative était de 32 db, la limite d'accrochage étant de 38 db.

Nous proposons donc de généraliser un procédé qui n'est pas encore appliqué systématiquement en électro-acoustique.

PHOTOMÉTRIE. — *Sur la photométrie hétérochrome des lampes à incandescence.* Note de M. **Jean Terrien**, présentée par M. Albert Pérard.

La mise en vigueur des nouvelles unités photométriques, définies par référence aux facteurs de visibilité adoptés internationalement, et les progrès récents de la spectrophotométrie à la suite de la réalisation de monochromateurs étudiés pour cet usage (1), permettent de reprendre dans des conditions très favorables des méthodes de photométrie hétérochrome proposées dès 1933, mais d'application plus délicate à cette époque.

G. Ribaud (2) avait comparé l'intensité lumineuse de deux lampes à incandescence par une seule mesure spectrophotométrique à la longueur d'onde de Crova; L. S. Ornstein, J. G. Eymers et D. Vermeulen (3) avaient effectué cette comparaison par spectrophotométrie dans tout le spectre visible, en se référant à une troisième lampe dont ils avaient déterminé la répartition spectrale énergétique. Dans les deux cas, les calculs faisaient intervenir les facteurs de visibilité qui depuis ont reçu la sanction internationale officielle.

Le calcul de la longueur d'onde de Crova suppose que l'on connaisse la température de couleur des deux lampes, et entraîne certaines approximations que l'on évite par une comparaison spectrophotométrique dans tout le spectre visible.

Pour des lampes à incandescence, la détermination précise de la répartition énergétique est inutile, ainsi que nous allons le voir.

Précisons donc le mode opératoire que nous proposons pour la comparaison d'une lampe à incandescence à un étalon de flux lumineux dont on connaît toujours une température de couleur approchée. Les deux lampes sont allumées successivement dans une sphère d'Ulbricht, et l'on mesure, au moyen d'un récepteur photoélectrique placé à la suite d'un monochromateur, à plusieurs longueurs d'ondes, le rapport des luminances monochromatiques de la fenêtre de la sphère dans les deux cas. Si les expériences sont bien étudiées, ces rapports sont mesurables avec une précision de 1 ‰, et avec une rapidité suffisante pour qu'on évite l'usure des lampes. En faisant intervenir les facteurs de visibilité, on calcule sans difficulté le flux lumineux de la lampe inconnue : il suffit d'assimiler le rayonnement de la lampe étalon à celui d'un corps noir de même température de couleur. Il faudrait une erreur considérable, 27 degrés, sur cette température, pour qu'elle entraînât une erreur de 1 ‰ sur le flux calculé, si les températures de couleur des deux lampes sont 2353° et 2788° K.

Si l'on s'astreint à comparer les flux émis par *une même lampe* à deux

(1) J. Terrien, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 140; J. Terrien et F. Desvignes, *Revue d'Optique*, **27**, 1948, p. 451.

(2) *Revue d'Optique*, **12**, 1933, p. 193.

(3) *Revue d'Optique*, **12**, 1933, p. 390.

températures différentes, on ne rencontre pas les difficultés dues aux différences de répartition spatiale, ce qui permet d'utiliser une sphère petite, d'accroître la luminance de la fenêtre, donc la sécurité des mesures spectrophotométriques.

C'est ainsi que vont être comparées au Bureau International des Poids et Mesures les unités de flux lumineux à 2353° et 2788° K, et, par des méthodes analogues, les unités d'intensité lumineuse à 2042° et 2353° K, unités qui sont représentées par des lampes étalonnées provenant des grands laboratoires nationaux. Des mesures préliminaires ont déjà donné des résultats.

Les deux principaux avantages de cette méthode, sous la forme ainsi décrite, qui, rappelons-le, n'exige aucune mesure d'énergie, sont les suivants :

1° On tient compte rigoureusement des facteurs de visibilité internationaux, sans avoir à sélectionner des observateurs visuels, ni à déterminer la sensibilité spectrale d'un récepteur physique;

2° dans l'utilisation de la sphère d'Ulbricht, la coloration des parois internes n'a aucune influence.

Accessoirement, les rapports mesurés permettent de calculer la différence de température de couleur des deux rayonnements comparés.

L'extension de cette méthode à des lampes de couleur quelconque est évidemment possible, mais elle exige que l'on connaisse la répartition spectrale du rayonnement de la lampe étalon avec d'autant plus de précision que les rayonnements sont plus différents.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarque sur les règles de sélection relatives aux transitions β interdites.* Note (*) de M. **Roger Nataf**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Ces règles se présentent, en général, sous une forme assez compliquée ([1]).

Les auteurs admettent, en général, entre les nucléons et le champ électron-neutrino l'interaction de Gamow-Teller

$$(1)\qquad H_{fi}=\int\left(\Psi_f^*\beta\vec{\sigma}\Psi_i\right)\left(\psi^*\beta\vec{\sigma}\varphi\right)+\int\left(\Psi_f^*\beta\vec{\alpha}\Psi_i\right)\left(\psi^*\beta\vec{\alpha}\varphi\right),$$

qui donne les résultats les plus conformes à l'expérience.

Le second terme de (1) est d'ordre v/c par rapport au premier si v est la vitesse des nucléons. Utilisant la relation

$$(2)\qquad \left(i\middle|\vec{\alpha}\middle|f\right)=-\frac{1}{c}\frac{d}{dt}\left(i\middle|\vec{x}\middle|f\right),$$

on démontre qu'il est d'ordre $\varepsilon_0 R$ par rapport au premier, où $\varepsilon_0 R \ll 1$ toujours.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) Konopinsky, *Rev. Mod. Phys.*, 15, 1943, p. 209; Greuling, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 568.

[ε_0 énergie maxima du spectre β en unités $mc^2 = 511$ keV; R, rayon du noyau en unités $\hbar/mc = 3{,}9.10^{-11}$ cm].

Marshak ([2]), utilisant des ondes sphériques pour électron et neutrino, obtient des résultats résumés dans le tableau I.

$k = j_1 + j_2$, j_1 nombre quantique de moment angulaire total emporté par l'électron, j_2 par le neutrino;

ΔJ, variation du moment angulaire total du noyau au cours de la transition, en valeur absolue;

P_1, pour la transition permise, a la valeur donnée par la formule de Fermi.

$$\alpha Z = \frac{Z}{137}, \quad \text{avec Z du noyau final,} \quad \text{d'où} \quad \frac{\alpha Z}{2} \lesssim \frac{1}{3} \quad \text{toujours.}$$

TABLEAU I.

k.	ΔJ.	Changement de parité.	Probabilité.	Ordre d'interdiction.
1	0, 1	non	P_1	Transition permise
		oui	$P''_1 + P'_1 \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right)^2 P_1 + (\varepsilon_0 R)^2 P_1$	1er ordre
2	2	oui	$P_2 \sim (\varepsilon_0 R)^2 P_1$	
		non	$P''_2 + P'_2 \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right)^2 P_2 + (\varepsilon_0 R)^2 P_2$	2e ordre
3	3	non	$P_3 \sim (\varepsilon_0 R)^2 P_2$	
		oui	$P''_3 + P'_3 \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right)^2 P_3 + (\varepsilon_0 R)^2 P_3$	3e ordre
			....	

Il est plus correct d'écrire $|G''_k + G'_k|^2$ au lieu de $P''_k + P'_k$ ..., car il existe un terme *croisé* en $G''_k G'_k$ ....

$$G'_k \sim (\varepsilon_0 R) G_k \quad \text{correspond au terme en } \beta\vec{\alpha}; \quad G''_k \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right) G_k.$$

Nous avons repris les calculs de Marshak, en faisant les hypothèses suivantes sur les noyaux.

a. On néglige complètement les corrections de relativité et les forces non centrales; il existe alors un *bon* nombre quantique L de moment orbital pour le noyau, qui définit d'ailleurs la parité. On admet une représentation de Pauli pour la fonction d'onde du noyau; le deuxième terme de (1), qui n'est bien défini que pour des fonctions de Dirac, est alors défini par (2).

Nous montrons alors que l'on obtient la classification plus simple du Tableau II, où ΔL est la variation de L en valeur absolue. Les auteurs précédents n'ont pas tenu compte des probabilités

$$P'''_1 = |G'''_1|^2 \quad \ldots, \quad P'''_k \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right)^2 (\varepsilon_0 R)^2 P_k.$$

([2]) *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 431.

TABLEAU II.

ΔL → changement	parité.	Ordre d'interdiction.	k.	Probabilité.
0	non	transition permise	1	$\lvert G_1 \rvert^2 = P_1$
1	oui	1er ordre	1	$\lvert G_1'' + G_1' \rvert^2$
			2	$\lvert G_2 \rvert^2 = P_2$
2	non	2e ordre	1	$\lvert G_1''' \rvert^2 = P_1'''$
			2	$\lvert G_2'' + G_2' \rvert^2$
			3	$\lvert G_3 \rvert^2 = P_3$

La valeur P_1''' est précisément celle qui intervient dans le cas de ^{14}C (3).

b. En tenant compte des corrections de relativité, chaque état du noyau est un mélange d'états $l = \lvert J - S \rvert, \ldots, J + S$ l'état L étant prédominant. Il peut alors arriver que l'on ait $\Delta l = n$ pour un couple de valeurs l, l' et $\Delta L > \Delta l$: $\Delta L = N$ pour les valeurs L, L' prédominantes.

D'après (II) la transition serait classée d'ordre N alors que la probabilité correspondrait à l'ordre $n + 2$: produit de termes relativistes (II) serait donc en défaut pour $N > n + 2$. Or : $\underline{N - n \leqq 2(S + S')}$. L'éventualité ne peut donc pas se produire si $\underline{S + S' \leqq 1}$.

Actuellement, il semble résulter des données sur les noyaux légers que l'on ait (4) : pour A *impair* $S = S' = 1/2$: un nucléon en plus des couches saturées; pour A *pair* $S = 0$, $S' = 1$ ou $S = 1$, $S' = 0$: un système de deux nucléons en plus des couches saturées.

L'égalité de ΔL et de l'ordre d'interdiction semble donc très générale,

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action directe et indirecte et action de compétition des radiations ionisantes sur le système arsénite-arséniate.* Note de MM. **Marc Lefort** et **Moïse Haïssinsky**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Dans le cadre d'une étude générale des oxydations et des réductions provoquées sur des corps en solution aqueuse (1), (2), nous avons examiné le système arsénite-arséniate. H. Fricke a établi que les rayons X dans certaines conditions peuvent oxyder l'arsénite (3). Nous avons utilisé les rayons X et les rayons α en opérant en l'absence d'oxygène.

Nous avons dosé l'arséniate par photocolorimétrie à l'aide du réactif

(3) R. Bouchez, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 440.
(4) L. Nordheim, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1894.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 314.
(2) Lefort, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 831.
(3) H. Fricke et Hart, *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 596.

molybdique et du chlorure stanneux ([4]), et l'arsénite par une méthode électrométrique.

Les principaux résultats sont résumés ci-après :

1° *Rayons* α. — *a.* L'oxydation de l'arsénite est proportionnelle à la dose d'énergie absorbée jusqu'à la transformation complète. Après cette oxydation totale, si l'on prolonge l'irradiation, on a formation d'eau oxygénée avec un rendement analogue à celui noté pour l'eau pure ([5]). On n'a pas pu observer de réduction de solutions d'arséniate, dans tout le domaine de pH (2,5 à 11) et de concentration d'arséniate (M/10000 à 2M) exploré.

b. Le rendement de l'oxydation reste pratiquement constant quand on fait varier la concentration initiale d'arsénite de M/10 000 à 2 M. Il diminue par contre quand on augmente la dilution au-dessous de M/1000, et ceci suivant une loi approximativement linéaire. Dans ce domaine, où la concentration du corps dissous n'est probablement plus suffisante pour utiliser tous les radicaux libres formés, on a production d'eau oxygénée en même temps que l'oxydation.

c. En passant du pH 2,5 à 7,5, le rendement de l'oxydation augmente très légèrement. Par contre, au pH 10,5 cette augmentation devient importante (20 % environ). Pour les concentrations M/1000 à 2M, les valeurs de Q-molécules oxydées par 100 eV d'énergie absorbée sont voisines de 1,6 pour la zone de pH allant de 2 à 7,5 et de 2,3 à pH 10,5.

d. Le phénomène le plus frappant que nous avons observé à partir de concentrations voisines de 0,2 M est l'apparition de l'action directe du rayonnement sur le corps dissous ; formation d'un dépôt d'arsénic-élément dont la quantité croît avec la concentration en arsénite. Il semble que ce soit le premier cas où l'on a constaté une action directe nettement différenciée de l'action indirecte. Ceci confirme l'interprétation donnée aux résultats obtenus sur l'iodure de potassium ([2]).

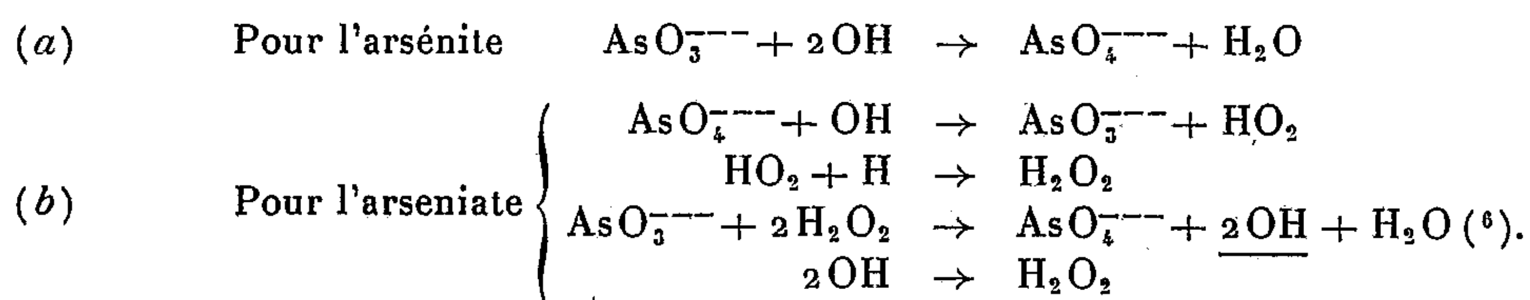
2° *Rayons* X. — Conformément aux résultats des recherches antérieures, les rayons X agissent différemment. On a également oxydation de l'arsénite, mais le rendement G diminue à mesure que la dose augmente. D'autre part, l'oxydation s'arrête lorsque 80 % de l'arsénite ont été oxydés, quelles que soient la concentration initiale (M/10000 à M/10) et l'intensité du rayonnement absorbé (10^{15} à $9 \cdot 10^{15}$ eV/cm^3 sec). L'influence de la concentration et du pH sur le rendement initial est analogue à celle indiquée pour les rayons α.

Contrairement à ce qui se passe avec l'iode ([1]), on n'observe aucune réduction de l'arséniate, réduction à laquelle on devrait s'attendre d'après l'oxydation incomplète de l'arsénite. Cependant on constate la formation d'eau oxygénée

([4]) DENIGÈS, *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 1802.

([5]) P. BONET-MAURY et M. LEFORT, *Nature*, **162**, 1948, p. 381.

alors que l'eau pure, irradiée par les rayons X en absence d'oxygène, n'en donne pas ([5]). Nous pensons que cette contradiction apparente peut s'interpréter comme le résultat d'une compétition de l'action des radicaux OH sur l'arsénite et l'arséniate.



(*a*) Pour l'arsénite $AsO_3^{---} + 2OH \rightarrow AsO_4^{---} + H_2O$

(*b*) Pour l'arseniate
$$\left\{\begin{array}{rcl} AsO_4^{---} + OH & \rightarrow & AsO_3^{---} + HO_2 \\ HO_2 + H & \rightarrow & H_2O_2 \\ AsO_3^{---} + 2H_2O_2 & \rightarrow & AsO_4^{---} + \underline{2OH} + H_2O \ ([6]). \\ \underline{2OH} & \rightarrow & H_2O_2 \end{array}\right.$$

Le radical OH enlèverait ainsi l'oxygène à l'ion ASO^{4---} pour donner un radical plus oxygéné HO_2, action semblable, par exemple, à celle de H_2O_2 sur $KMnO_4$. La compétition explique l'oxydation incomplète de l'arsénite lorsque la concentration de l'arséniate atteint une valeur suffisante; la chaîne de réaction *b* montre que l'arséniate réduit se réoxyde avec reformation de 2OH et production d'H_2O_2.

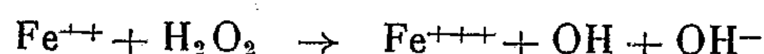
Nous reviendrons ailleurs sur les détails et les autres résultats expérimentaux, de même que nous essayerons d'en donner une interprétation plus complète.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de quelques stannanes halogénés.* Note de Mlle **Irène Kadomtzeff**, présentée par M. Paul Pascal.

Depuis longtemps, on cherche à préciser la nature de la liaison métal-halogène dans les composés organométalliques. Comme nous ne connaissons qu'approximativement la liaison métal-carbone et en particulier dans le cas Sn—C, nous nous trouvons fort limités pour tirer des conclusions dans ce domaine. Notre étude revient donc à comparer les effets de substitution de radicaux organiques par des halogènes, selon les natures respectives de ces deux sortes de substituants.

Nous avons étudié en particulier les corps suivants $FSn(CH_3)_3$, $BrSn(CH_3)_3$, $BrSn(C_2H_5)_3$ et $Br_2Sn(C_2H_5)_2$. Nous avons mesuré leurs susceptibilités magnétiques grâce à la balance de Pascal et déduit la susceptibilité du métal d'après la loi d'additivité. Nous avons calculé les moments dipolaires des composés éthylés grâce à la mesure de constantes diélectriques de leurs solutions dans l'hexane par la méthode des battements hétérodynes. Nous donnons ci-contre les valeurs trouvées ainsi que celles de la littérature qui nous permettent de faire une étude comparative.

([6]) C'est une réaction analogue à celle de Haber et Weiss :



$$Fe^{++} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{+++} + OH + OH^-$$

	χ_{H_g}.	μ.
$Sn(CH_3)_4$ (1)	$50,5.10^{-6}$	ε
$Sn(C_2H_5)_4$ (1)	33,9	ε
$FSn(CH_3)_3$	45,0	–
$BrSn(CH_3)_3$	46,1	–
$BrSn(C_2H_5)_3$	33,1	3,15 D
$Br_2Sn(C_2H_5)_2$	31,9	4,0
$ClSn(C_2H_5)_3$ (2)	–	3,44
$Cl_2Sn(C_2H_5)_2$ (2)	–	3,89

On voit que pour les composés monohalogénés, il y a une légère dépréciation du diamagnétisme, due à l'effet de substitution. Elle est plus marquée dans le cas des composés méthylés; l'effet serait sans doute plus sensible à cause des faibles dimensions du radical. Contrairement à ce qu'on aurait pu attendre, la nature de l'halogène ne semble pas jouer une grande influence; on obtient même un effet un peu plus marqué dans le cas d'un noyau de petite dimension comme le fluor.

L'effet de deuxième substitution augmente légèrement la dépréciation magnétique, il y a donc un faible effet d'induction entre les deux halogènes. Ce résultat est confirmé par la valeur du rapport des moments dipolaires

$$\mu BrSn(C_2H_5)_2 / \mu BrSn C_2H_5)_3$$

qui est de 1,10 quand, théoriquement, il devrait être de 1,15. Cet effet est un peu plus élevé que pour les composés chlorés (2) dont le rapport des moments est de 1,12. Nous trouvons donc bien, comme Smyth, que l'effet de substitution affecte moins le dérivé éthylé mais, contrairement à ses conclusions, nous obtenons des valeurs de moments plus élevées pour les dérivés bromés. Cela pourrait provenir de différences dans les mesures et en particulier de l'action du solvant. Pour pouvoir comparer les valeurs des moments de liaison Sn-Cl et Sn-Br, il faudrait refaire, comme je me le propose, les mesures de moments dipolaires des deux sortes de composés dans les mêmes conditions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence et la signification d'une nouvelle bande dans le spectre d'absorption du carotène en état d'halochromie.* Note (*) de MM. **Paul Meunier, Jacques Jouanneteau** et **Georges Zwingelstein**, transmise par M. Maurice Javillier.

Chacun sait que le carotène et d'autres caroténoïdes en C_{40} fournissent au contact du tri-chlorure d'antimoine dans $CHCl_3$ une belle coloration bleue,

(1) Pascal, *Chimie organique de Grignard,* 2, p. 571.

(2) Smyth, *J. Am. Chem. Soc.*, 1938, p. 183-189.

(*) Séance du 30 janvier 1950.

caractérisée par une bande d'absorption à 589$^{m\mu}$ [*cf.* p. ex. ([1])]. Cette bande d'absorption a été fréquemment utilisée à des fins analytiques [*cf.* p. ex. ([2])]. L'un de nous a interprété cette bande d'absorption du carotène dans $SbCl_3$ comme une manifestation typique de l'état d'halochromie de ce corps, qui présenterait alors une double ionisation *symétrique*. La bande d'absorption à 589$^{m\mu}$ serait celle d'un double carbénium comportant deux systèmes de quatre doublets électroniques *oscillants*. Plus tard ([3]), la faible intensité de cette bande, comparativement à celle de la vitamine A (elle-même à 620$^{m\mu}$), avait même pu être attribuée à la symétrie du phénomène d'ionisation.

En étudiant de plus près le spectre du β-carotène en état d'halochromie (plus exactement, dans le réactif au $SbCl_3$), nous avons découvert, en dehors de la bande à 590$^{m\mu}$, une seconde bande beaucoup plus intense, mais jamais encore signalée à notre connaissance, se situant, dès l'addition du réactif, à 950$^{m\mu}$. Celle-ci aussitôt apparue se déplace lentement (en 15 minutes environ), en s'affaiblissant, jusqu'à la longueur d'onde de 780$^{m\mu}$, puis son intensité

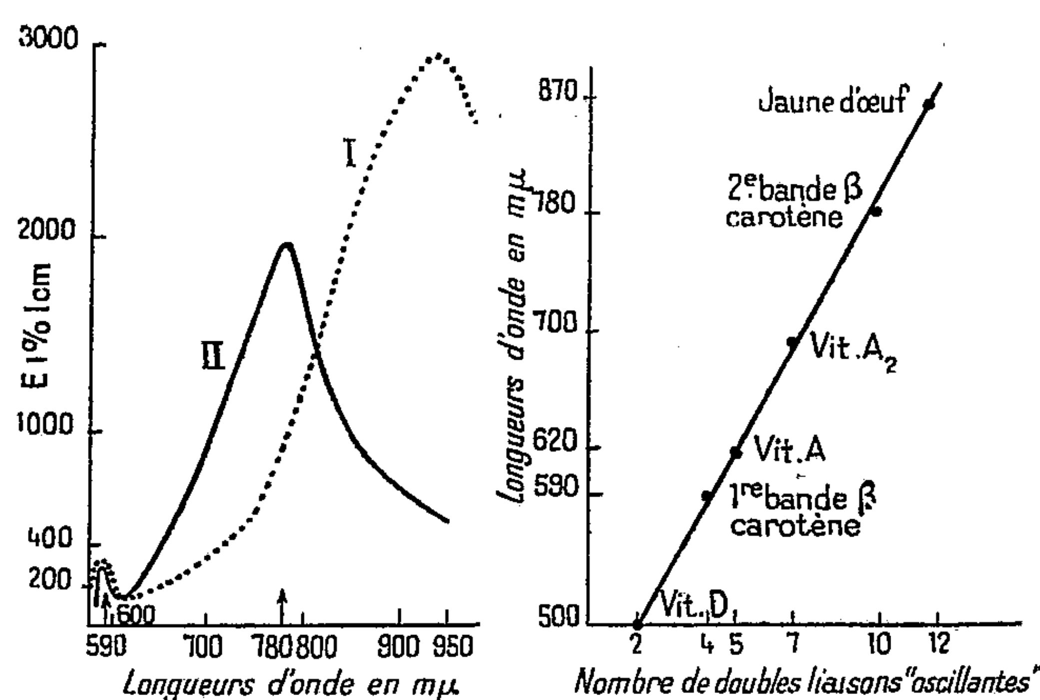


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Spectres d'absorption de β-carotène en état d'halochromie.
I ---- après 1 minute de contact avec $Sb\,Cl_3$.
II —— après 1 heure de contact avec $Sb\,Cl_3$.

Fig. 2.
(*Cf.* réf. 6, p. 82.)

augmente à nouveau jusqu'à atteindre E à 1 % sous 1^{cm} = 2000. A ce moment, après une heure environ, l'absorption reste fixe. Pendant ce temps, la bande à 590$^{m\mu}$ ne s'est pas déplacée et a peu varié en intensité. Ces faits sont résumés par la figure 1.

De même que la bande à 590$^{m\mu}$ avait été regardée déjà par l'un de nous ([3])

([1]) R.-A. Morton, *The Application of Absorp. Spectra*, 1 vol., Londres, 1935, 70 pages.
([2]) P. Meunier et Y. Raoul, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 861.
([3]) P. Meunier, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1528-1530.

comme une manifestation nouvelle du *cis-peak effect* (4) (transition électronique o → 2), transposée au spectre de transfert de charge du carotène deux fois ionisé, nous considérons aujourd'hui la bande à 780$^{m\mu}$ comme l'équivalent de l'absorption fondamentale (transition électronique o → 1) correspondant à un spectre de transfert de charge de la molécule de carotène une seule fois ionisée. Notons en effet que la loi linéaire établie par l'un de nous en 1947 (5) entre le nombre de doubles liaisons *oscillantes* d'un caroténoïde en état d'halochromie (vitamine A, première bande du carotène, etc.) et la position spectrale de la bande d'absorption correspondante extrapolée jusqu'au domaine de 780$^{m\mu}$ indique une oscillation de dix doubles liaisons conjuguées (*fig.* 2); ce serait le cas du carotène présentant une double liaison ionisée, c'est à dire *ouverte*. Ajoutons que l'extrait de jaune d'œuf (mélange naturel de lutéine et de zéaxanthine) présente dans l'extrême rouge une bande d'halochromie à 860-875$^{m\mu}$, tandis que la vitamine A elle-même ne fournit aucune bande dans la région 700-900$^{m\mu}$, mais seulement la bande bien connue à 620$^{m\mu}$.

Pour ces raisons, nous pensons que cette nouvelle donnée spectrale concernant les carotènes est susceptible d'applications variées : recherche et dosage du carotène dans des milieux complexes (lait, sérum ou plasma sanguin, etc.), étude de la configuration stéréochimique des caroténoïdes naturels en C_{40} [*cf.* (5) et (6)].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la copolymérisation ionique.*

Note de M. **Yvan Landler**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Les lois générales de la copolymérisation, amorcée par les radicaux libres, sont connues depuis quelques années. Disposant d'un grand nombre de résultats, Alfrey et Price (1) d'abord, Walling et Mayo (2) ensuite, ont établi des relations, à partir desquelles on peut déterminer pour chaque monomère une valeur Q, exprimant la réactivité du radical formé à partir de ce monomère, et une valeur *e*, caractérisant la densité électronique de la double liaison. Ces valeurs permettent de calculer les rapports entre les quatre constantes de vitesse de propagation de deux monomères choisis, et de définir d'avance la constitution du copolymère.

En ce qui concerne la copolymérisation ionique, il n'existe que des résultats fragmentaires sur les réactions cationiques, où la polymérisation est amorcée

(4) L. Zechmeister, Le Rosen, Schroeder, Polgar et Pauling, *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 1940.

(5) P. Meunier et A. Vinet, *Chromatographie et Mésomérie*, 1 vol., Paris, 1947, 126 pages.

(6) L. Zechmeister, *Chem. Reviews*, 334, 1944, p. 267-344.

(1) *J. Polymer. Sci.*, 2, 1947, p. 101.

(2) *J. Polymer. Sci.*, 3, 1948, p. 895.

par un ion positif et la propagation s'effectue par l'intermédiaire de l'ion carbenium positivement chargé. Quant à la copolymérisation anionique, impliquant pendant le stade de propagation la formation de l'ion carbenium négatif, aucun travail quantitatif n'a encore été fait.

Courbes de copolymérisation.

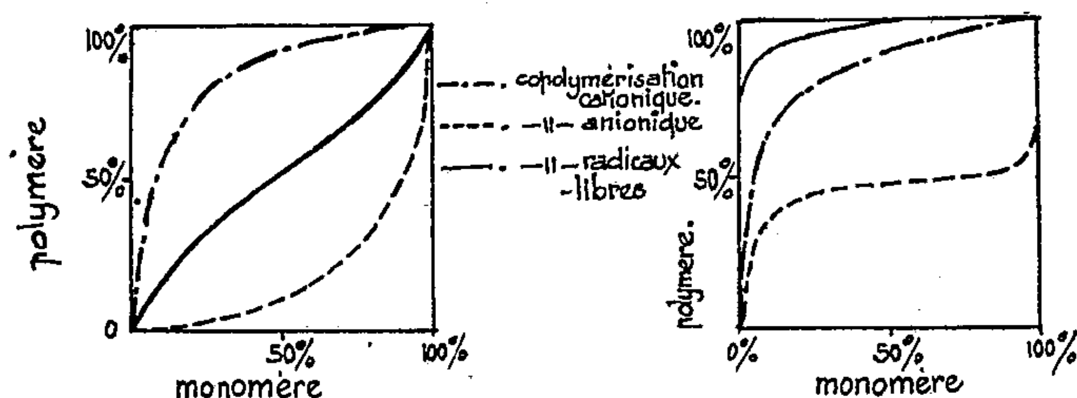


Fig. 1. — Styrolène-méthacrylate de méthyle. Fig. 2. — Styrolène-acétate de vinyle.

Pourcentage moléculaire instantané du styrolène dans le copolymère en fonction du pourcentage moléculaire du styrolène dans le mélange initial des monomères.

Nous avons copolymérisé, dans un système cationique, ainsi que dans un système anionique, le styrolène avec le méthacrylate de méthyle et avec l'acétate de vinyle, en variant les concentrations initiales des monomères. La réaction cationique était effectuée en présence d'air à 25°C dans une solution de nitrobenzène (une part de nitrobenzène pour une part de mélange des monomères), en utilisant comme catalyseur le $SnBr_4$ (conc. 1 %). La copolymérisation anionique se faisait également en présence d'air, à basse température (∼ 50°C), en ajoutant du sodium dissous dans l'ammoniac liquide au mélange des monomères. La polymérisation a été interrompue entre 10 et 20 % de conversion environ : le polymère a été coagulé, redissous, reprécipité à plusieurs reprises et séché. La constitution du copolymère formé a été déterminée par microanalyse.

Nous avons vérifié que la constitution du copolymère ne change pas quand la concentration du catalyseur variait de 0,2 à 5 %. De même les fractions de différents poids moléculaires avaient la même constitution, ce qui prouve la formation d'un vrai copolymère. En utilisant la forme intégrée de la relation

$$\frac{d[M_1]}{d[M_2]}=\frac{[M_1]}{[M_2]}\times\frac{r_1[M_1]+[M_2]}{r_2[M_2]+[M_1]} \quad (^3),$$

nous avons déterminé la réactivité (r_1 et r_2) des monomères (M_1 et M_2) dans la copolymérisation.

---

(3) F.-R. Mayo et F.-M. Lewis, *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 1594.

	Copolymérisation cationique		Copolymérisation anionique		Copolymérisation amorcée par les radicaux libres		
	r_1.	r_2.	r_1.	r_2.	r_1.	r_2.	
Styrolène-méthacrylate de méthyle	10,5	0,1	0,123	6,4	0,52	0,46	([4])
Styrolène-acétate de vinyle	8,25	0,015	0,01	0,1	55	0,01	([5])

Les conclusions qualitatives suivantes peuvent être tirées :

1° Le degré de polarisation et la nature électrophile ou nucléophile des substituants juxtaposés sur la double liaison, influencent d'une manière décisive la constitution du polymère formé.

2° Le groupement phényle du styrolène est considéré comme légèrement nucléophile, ce qui explique la plus grande susceptibilité de réaction du styrolène avec une charge positive. Dans le cas des fonctions d'ester et carboxyle, l'effet d'induction s'ajoute à l'effet mésomérique, provoquant une diminution de la charge de la double liaison, d'où la prédominance du méthacrylate de méthyle et de l'acétate de vinyle dans les polymères formés par un processus anionique.

3° Dans le cas de copolymérisation amorcée par les radicaux libres, l'obtention d'un copolymère idéal avec une alternance statistiquement régulière, est d'autant plus probable que les valeurs de Q des deux monomères sont plus rapprochées et que les valeurs de *e* sont de même grandeur, mais de signes opposés. Par contre dans une réaction ionique, pour qu'un copolymère idéal puisse se former, la valeur de *e* des deux monomères doit avoir même signe et être de même grandeur.

4° L'influence des facteurs groupés sous le signe Q doit avoir une importance moins grande que dans les réactions amorcées par les radicaux libres.

D'autres résultats seront nécessaires pour établir une loi quantitative.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Influence du champ magnétique sur le soufre colloïdal.* Note de Mlle **Olga Tanaevsky**, présentée par M. Paul Pascal.

Rao dans ses travaux ([1]) a montré que la susceptibilité magnétique est influencée pour certains produits par la taille de leurs particules.

([4]) F.-M. Lewis, C. Walling, W. Cumings, E.-R. Briggs et F.-R. Mayo, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 1519.

([5]) F.-R. Mayo, C. Walling, F. M. Lewis et W.-F. Hulse, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 1523.

([1]) *Ind. Journ. Phys.*, 6, 1931, p. 242; 7, 1932, p. 35; *Proc. Ind. Acad. Sc.*, 1, 1934, p. 123; 2, 1935, p. 249.

Nous inspirant de ces travaux, nous avons étudié le soufre à l'état colloïdal. Ce soufre a été préparé selon la méthode de Swen Oden [2]: précipitation du soufre à l'état colloïdal par l'action de l'hydrogène sulfuré sur l'acide sulfureux (eau saturée de l'anhydride sulfureux); en même temps des acides polythioniques se forment que l'on élimine en précipitant avec du chlorure de sodium et en redissolvant le soufre colloïdal, il reste un peu de chlorure de sodium (0,5 environ) qui stabilise la suspension, et dont il faut tenir compte dans les mesures magnétiques.

Le soufre colloïdal ainsi préparé est ultrafiltré sur une série de membranes de pores de diamètres décroissants. Les filtrats obtenus furent étudiés au point de vue magnétique sur la balance de Pascal montée par M. A. Pacault.

Pour calculer la susceptibilité magnétique du soufre colloïdal la formule appliquée est

$$k_1 = \frac{k_s x_s + k_{H_2O} x_{H_2O} + k_{ClNa} x_{ClNa}}{100};$$

k_1, susceptibilité spécifique mesurée sur la balance de Pascal;
k_s, susceptibilité du soufre colloïdal cherchée : $x_s\%$ de S;
k_{ClNa} susceptibilité de ClNa $= -0,499 \cdot 10^{-6}$: $x_{ClNa}\%$ de ClNa;
k_{H_2O} susceptibilité de $H_2O = -0,72 \cdot 10^{-6}$: $x_{H_2O}\%$ de H_2O.

Pour chaque préparation l'absence de fer a été vérifiée avec une solution à 0,2 % d'αα-dipyridyl dans ClH à 0,2N.

Les solutions ont environ 15% de S, une solution à 4% de S a donné les mêmes résultats.

Voici quelques observations :

1° *Pour chaque mesure, une préparation différente a été faite :*

Diamètre des pores (mμ).	k_s colloïdal.	% de S.
825	$-0,530 \cdot 10^{-6}$	11,9
	0,536	12,5
477	0,530	13,7
	0,533	15,7
	0,529	14
	0,535	8,7
395	0,587	7
	0,585	12,3
340	0,586	14,1

---

[2] *Nov. Acta. Reg. Soc. Ups.*, IV, 3-4.

[3] Membranes ultrafiltrantes préparées au laboratoire de M. Grabar de l'Institut Pasteur.

2° *Ultrafiltration faite en reprenant le filtrat déjà mesuré et en le passant sur la membrane suivante :*

Diamètre des pores (mμ).	k_s colloïdal.	% de S.
825	$-0,531.10^{-6}$	16,2
477	0,536	15,3
466	0,538	14,4
430	0,556	13,4
395	0,585	12,3

3° *Ultrafiltration faite à travers les membranes en partant chaque fois de la même préparation-mère :*

712	$-0,527.10^{-6}$	14,8
477	0,527	14,6
466	0,531	14,3
430	0,546	13,9
395	0,582	12
340	0,584	11,8

D'après ces résultats on obtient pour les membranes de diamètre varié les valeurs extrêmes suivantes très concordantes :

D = 825$^{m\mu}$ jusqu'à 466$^{m\mu}$, $k_{s_{colloïdal}}$ compris entre $-0,530$ et $-0,535.10^{-6}$
430$^{m\mu}$ » » » $-0,556$ et $-0,546.10^{-6}$
395$^{m\mu}$ » 340$^{m\mu}$ » $-0,582$ et $-0,586.10^{-6}$

On a essayé des membranes à pores plus fins, mais il a été alors impossible d'ultrafiltrer le soufre colloïdal.

Nous pouvons dire que le soufre colloïdal présente une augmentation en valeur absolue de la susceptibilité par rapport au soufre rhombique; cette augmentation dépend de la grosseur des particules ultrafiltrées et les particules les plus fines ont le diamagnétisme le plus fort.

La concentration dans les limites étudiées (de 4 % à 16 %) ne semble pas influer sur la susceptibilité magnétique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur une nouvelle réaction ionique du troisième ordre; existence d'un disulfure de zinc.* Note de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Paul Pascal.

En phase liquide comme en phase gazeuse, les réactions chimiques provoquées par l'interaction simultanée de trois molécules ou particules sont très peu nombreuses [1]. Parmi celles-ci, on en connaît cependant quelques-unes qui se

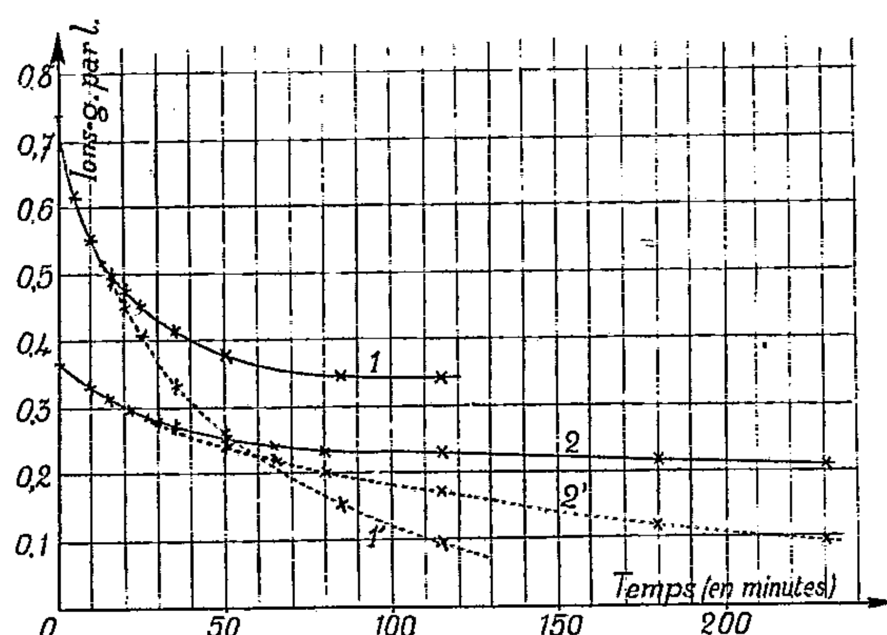
[1] E. A. Moelwyn-Hughes, *The kinetics of reactions in solution*, Oxford, 2e édition, 1947, p. 48.

produisent en solution aqueuse et font intervenir des ions minéraux : l'oxydation catalysée du sulfate ferreux ([2]), l'action des ions iode, d'une part sur les ions ferrique ([3]), d'autre part sur les ions ferricyanhydrique ([4]) ont notamment été démontrées être du troisième ordre.

La méthode de préparation du sulfure de zinc luminescent récemment publiée par A Guntz ([5]), qui consiste d'après cet auteur à chauffer en autoclave, à 150°, une solution aqueuse mixte de thiosulfate de sodium et d'un sel de zinc, semble utiliser un nouvel exemple de réaction ionique de ce type.

J'ai constaté pour ma part qu'à condition d'opérer en solution suffisamment concentrée, la précipitation annoncée se produit lentement dès la température ordinaire : elle est déjà observable après plusieurs jours et notable après plusieurs semaines. En maintenant le liquide à l'ébullition, on obtient assez rapidement un abondant précipité blanc qui, au bout d'un certain temps, après de violents soubresauts, se souille de soufre alors que la solution est le siège d'un dégagement de gaz sulfureux.

L'étude cinétique de la précipitation permet de saisir le mécanisme de la réaction. Les courbes du diagramme ci-dessous représentent les variations



à 100°, en fonction du temps, de la concentration C des ions zinc (trait plein) et de la demi-concentration C′ des ions thiosulfurique (trait pointillé) pour

$$C_0 = C'_0 = 0,738 \text{ ion-g/l} \qquad \text{(courbes 1 et 1')}$$

et

$$C_0 = C'_0 = 0,369 \text{ ion-g/l} \qquad \text{(courbes 2 et 2')}.$$

On voit que, dans un cas comme dans l'autre, pendant une première phase du phénomène, les deux courbes $C = f(t)$ et $C' = F(t)$ sont confondues,

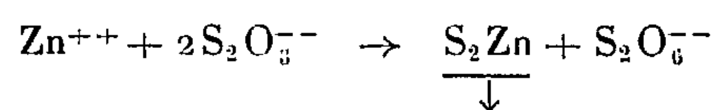
([2]) A. B. LAMB et L. W. ELDER, *J. Amer. Chem. Soc.*, **53**, 1931, p. 137-163.

([3]) A. v. KISS, *Z. Anorg. Chem.*, **198**, 1931, p. 102-115.

([4]) A. v. KISS, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, **52**, 1933, p. 289.

([5]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 80 et 1280.

ce qui signifie que la précipitation d'un atome de zinc s'accompagne d'un appauvrissement de la solution de deux ions thiosulfurique. Il n'y a alors formation ni d'ions sulfureux, ni d'ions sulfurique, mais seulement d'ions dithionique. De plus, le solide blanc qui précipite alors seul n'a pas la composition SZn : l'analyse m'a montré que c'est un disulfure de zinc répondant à la formule S_2Zn, combinaison qui n'avait jamais encore été décrite. Ainsi, la réaction globale peut s'écrire



$$Zn^{++} + 2S_2O_3^{--} \rightarrow \underset{\downarrow}{\underline{S_2Zn}} + S_2O_6^{--}$$

La comparaison des résultats consignés dans les courbes 1 et 2 montre que ce schéma représente non seulement le phénomène chimique global, mais réellement, dans les conditions employées, le mécanisme même de ce phénomène. En effet, si y représente la fraction de C_0 (ou de C'_0) restante en solution à l'instant t, le rapport des valeurs des expressions $(1/t)\,[(1/y^2) - 1]$ pour ces deux concentrations initiales, dont la première est double de l'autre, est sensiblement égale à 4, ce qui correspond bien à une réaction provoquée par l'interaction de trois particules [6]. Le coefficient de vitesse k_3 à 100° de cette réaction du troisième ordre est égal à $7{,}9 . 10^{-2}$ (mol-g/l)$^{-2}$ min^{-1}.

Brusquement, à un instant indiqué par l'abscisse du point de bifurcation des courbes C (1 ou 1′) et C′ (2 ou 2′), la solution devient fortement acide et s'enrichit en ions sulfurique. Cet effet ne peut être attribué qu'aux ions dithionique, décomposés par l'eau à une vitesse appréciable à partir d'une certaine valeur de leur concentration. Cette acidité du milieu provoque alors la décomposition des ions thiosulfurique restants avec précipitation de soufre et dégagement de gaz sulfureux.

Le disulfure de zinc obtenu dans cette réaction n'est pas très stable : au-dessus de 120° il jaunit en donnant du sulfure de zinc S Zn et du soufre. Cette décomposition est d'ailleurs très lente : après deux heures à 500° elle est encore loin d'être terminée. A plus haute température on obtient du sulfure de zinc très pur, exempt d'oxyde de zinc, qui présente des propriétés luminescentes particulières.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage gravimétrique du vanadium. Étude critique de la thermolyse des précipités utilisés.* Note de MM. **Clément Duval** et **André Morette**, présentée par M. Paul Lebeau.

On sait depuis sa découverte, que le vanadium est l'un des corps simples les plus difficiles à doser pondéralement. Avant d'étudier sur lui l'emploi des

---

([6]) Notons que le rapport des valeurs des expressions $(1/t)[(1/y) - 1]$ pour ces deux mêmes concentrations initiales est de l'ordre de 3,4 et non 2, comme ce serait le cas pour une réaction du deuxième ordre.

réactifs organiques modernes, nous avons voulu faire la critique des méthodes existantes et rechercher celles d'entre elles qui pourront servir pour le dosage automatique du métal, notamment dans ses alliages. Cette Note est donc relative à l'étude des courbes de thermolyse tracées avec la thermobalance de Chevenard, suivant la technique donnée par l'un de nous ([1]).

1° A notre avis, les méthodes suivantes de précipitation doivent être abandonnées pour les raisons indiquées.

Formes de précipitation.	Auteurs.	Défauts des méthodes.
Sulfure de vanadium...............	Norblad (1875)	Résultats inconstants
Benzoate ou cinnamate de vanadium.	Shemyakin (1936)	La forte acidité requise provoque la précipitation des acides organiques
Vanadate de baryum en milieu alcalin.	Carrière et Guiter (1937)	Non quantitative; courbe de thermolyse non reproductible; résidu non défini
» de plomb................	Ditte (1888), Carrière et Guiter (1937)	Courbe de thermolyse sans palier utilisable; précision insuffisante du résultat final
» d'argent en milieu alcalin..	Kroupa (1944)	Courbe sans cesse croissante; vanadium dans le filtrat
» de manganèse............	Carnot (1887)	Pas de palier pour $V_2O_7Mn_2$, car Mn s'oxyde; vanadium dans le filtrat
Vanadate lutéocobaltique en milieu acide...........................	Parks et Prebluda (1935)	Précipité difficilement lavable; pas de palier à 100°
Complexe avec l'α-nitroso β-naphtol.	Terrisse et Lorréol (1905)	Non quantitative; erreur : 3 à 4 %; courbe sans palier
» avec la dicyanodiamidine.	Fidler (1949)	Résultats aberrants; courbe sans palier
» avec l'oxine............	Jilek et Vicovsky (1932)	Non quantitative; entraînement de vanadium pendant la carbonisation

2° Les méthodes suivantes donnent les résultats les plus précis par pesée du produit intermédiaire ou final de la thermolyse (erreur de l'ordre de 0,5 %) : précipitation en vanadate mercureux, en cupferronate, en tétravanadate de strychnine et en métavanadate de cobalt-III-hexammine (milieu neutre).

Pour ce dernier cas, les courbes de thermolyse et les résultats analytiques sont les mêmes si l'on opère en milieu neutre ou en milieu alcalin, contrairement aux indications des auteurs (Parks et Prebluda, 1935).

Le précipité obtenu avec la strychnine se filtre bien, mais il est difficile de s'assurer de la fin du lavage. La courbe de thermolyse correspondant à ce corps

([1]) Cl. Duval et coll., *Anal. Chim. Acta.*, **1**, 1947, p. 341, 345, 355, 360, 408; **2**, 1948, p. 45, 53, 57, 92, 103, 105, 110, 205, 210, 218, 222, 226, 432; **3**, 1949, p. 163, 183, 186, 189, 191, 324, 330, 335, 345, 438, 589, 599; *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1824; **226**, 1948, p. 1276, 1727; **229**, 1949, p. 51; *Chim. anal.*, **31**, 1949, p. 173, 204.

présente un palier horizontal entre 100° et 140°, satisfaisant à un vanadate acide de strychnine que nous croyons nouveau.

Les résultats obtenus avec les vanadates de baryum, d'uranium-VI et d'argent, en milieu acide, sont acceptables, mais d'une faible précision.

3° Le métavanadate d'ammonium satisfait à la formule VO_3NH_4 entre 45° et 134°; il donne quantitativement l'acide métavanadique VO_3H suivant un palier étroit s'étendant de 198° à 206°; d'où un procédé sûr d'obtention de cet acide à l'état de pureté, mais il est bien connu qu'il ne peut être employé pour le dosage précis du vanadium.

4° Les résultats gravimétriques, ainsi que les courbes de thermolyse et leur interprétation complète, correspondant à toutes ces méthodes, bonnes ou mauvaises, sont publiés dans d'autres recueils.

Le tableau récapitulatif suivant indique les formes de dosage que nous proposons de garder, avec les limites de température en degré C des paliers obtenus avec la thermobalance. Les méthodes marquées d'un astérisque sont convenables pour le dosage automatique imaginé par l'un de nous (1).

Réactif précipitant.	Forme de pesée.	Limites de température.
Azotate mercureux	V_2O_5	675–946
Chlorure de baryum (en milieu acide)	$(VO_3)_2Ba$	371–950
Azotate d'argent (en milieu acide)	VO_3Ag	60–500
Azotate d'uranium-VI	$V_2O_7(UO_2)_2$	560–960
*Chlorure lutéocobaltique (en milieu neutre)	$(VO_3)_3[Co(NH_3)_6]$	58–143
*Cupferron	V_2O_5	581–946
*Strychnine	V_2O_5	390–950

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude des distances interatomiques et des propriétés de l'ovalène, et des hydrocarbures coronoïdes par la méthode des états de spin.* Note (*) de MM. **Buu Hoï**, **Odilon Chalvet** et **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que la méthode des états de spin permet d'évaluer sans calcul les distances interatomiques des hydrocarbures polynucléaires (1). Dans le cas du coronène les valeurs qu'elle indique sont en parfait accord avec l'expérience (1).

Récemment un nouvel hydrocarbure a été préparé par synthèse : l'ovalène (2). On peut le considérer comme un homologue du coronène dans une série formée

(*) Séance du 23 janvier 1950.

(1) Vroelant et Daudel, *Bull. de la Soc. Chimique de France*, **16**, 1949, p. 36 et 217; *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 399.

(2) Clar, *Nature*, **161**, 1948, p. 238.

par un *noyau* constitué par un ou plusieurs cycles benzéniques accolés linéairement et complètement entouré par une couronne de cycles également benzéniques. On pourrait donner le nom générique d'hydrocarbures coronoïdes aux termes de cette série.

Dans la méthode des états de spin, le diagramme moléculaire de l'ovalène est le suivant : (indices de liaison de Penney, indices de valence libre normés à 1,682) (*fig.* 1).

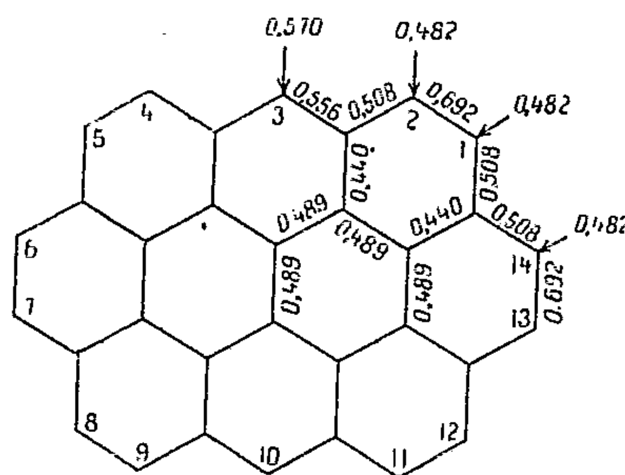


Fig. 1.

A ces indices de liaison correspondent les distances interatomiques suivantes :

Indices.......	0,692	0,556	0,508	0,489	0,440
Distances.....	1,380	1,410	1,420	1,425	1,436

Des mesures expérimentales sont en cours ([3]) et les premiers résultats connus concordent avec les prévisions théoriques comme le montre le tableau ci-dessous.

	Théorie.	Expérience.
Longueur des liaisons les plus courtes..........	1,380	1,36 à 1,38
» extérieures (moyenne)....	1,406	~1,39
» intérieures »	1,429	~1,41
» les plus longues.........	1,436	1,44

Une meilleure comparaison pourra être effectuée dès que des données expérimentales plus précises seront connues.

Il faut s'attendre à ce que la réactivité chimique de ce corps soit dominée par la présence d'un fort indice de valence libre sur les sommets 3 et 10 qui s'apparentent ainsi aux sommets mésos de l'anthracène et l'existence des six liaisons 1-2; 4-5; 6-7; 8-9; 11-12 et 13-14 semblables par leurs indices à la liaison méso du phénanthrène. Les halogénations (par le brome, le chlorure de sulfuryle, la bromosuccinimide, par exemple), la nitration, la sulfonation devraient se faire en 3 et 10. L'hydrogénation catalytique, la fixation du tétra-

([3]) DONALDSON et ROBERTSON, *Nature*, 164, 1949, p. 1002.

oxyde d'osmium et autres additions analogues devraient intéresser l'une ou plusieurs des six liaisons précitées.

Le diagramme du troisième terme de la série des coronoïdes ou *triovalène* est le suivant (le corps lui-même est encore inconnu) (*fig.* 2) :

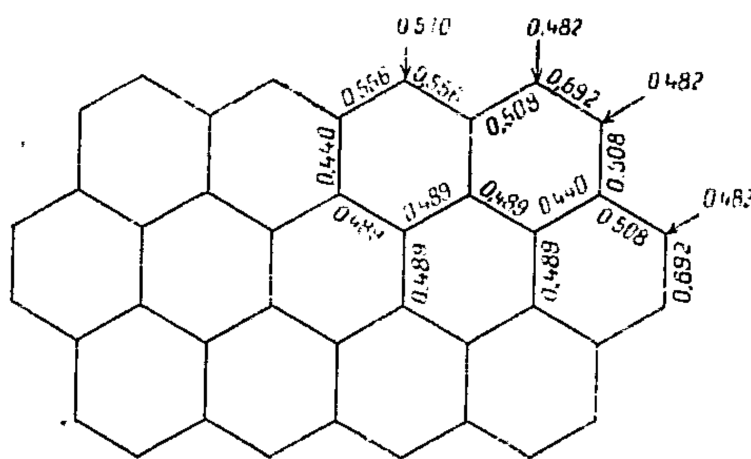
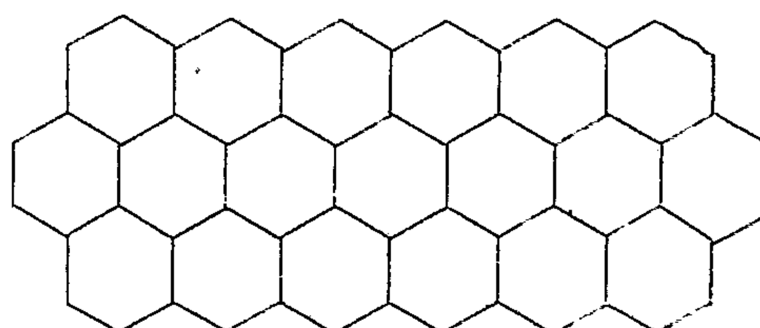


Fig. 2.

Les dessins ci-après donnent la structure des tétraovalène (I) et du pentovalène (II).



(I) (II)

Fig. 3.

Dans tous ces composés le *noyau* constitué par les cycles benzéniques internes est en tout point comparable aux parties internes des molécules de graphite. Il est fort probable que ces composés se forment dans la dégradation du charbon qui, en tout cas, produit en grandes quantités le premier terme de la série : le coronène (4).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les glucides du Topinambour.* I. *Produits intermédiaires dans l'hydrolyse acide de l'inuline.* Note de M. **Raymond Dedonder**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'inuline, le plus important des polyfructosanes du tubercule de Topinambour et le plus connu, est, comme l'ont montré Schlubach et Elsner (1), facilement

(4) Brevets anglais de l'I. G. Farbenindustrie 470 338 (1936) et 497 089 (1937).

(1) *Berichte*, 65, 1932, p. 519.

hydrolysable par les acides. En se plaçant dans des conditions telles que l'hydrolyse soit lente, Hildt ([2]), puis Hibbert et Percival ([3]), Schlubach et Knoop ([4]) montrent que la réaction ne suit pas la loi des réactions monomoléculaires. Par ailleurs Jackson et ses collaborateurs trouvent dans les produits d'hydrolyse de l'inuline les anhydrides I, II, III ([5]). Ils pensent que ces éléments préexistent et sont des intermédiaires dans l'hydrolyse de l'inuline. Mais leur hydrolyse, beaucoup plus difficile que celle de l'inuline, rend cette hypothèse peu vraisemblable. Haworth et ses collaborateurs ([6]) montrent que l'anhydride I est un produit de réversion du fructose. L'on n'a en tout cas jamais mis en évidence l'existence d'une série de substances intermédiaires entre l'inuline et le fructose.

Nous avons été amené à penser qu'en fait l'hydrolyse de l'inuline pouvait donner naissance à de telles substances intermédiaires, comparables aux dextrines produites lors de l'hydrolyse de l'amidon. La chromatographie sur papier nous a permis de vérifier cette hypothèse ([7]).

Nous avons hydrolysé une solution d'inuline pure à 4 % à 20° avec de l'acide sulfurique normal. Nous avons fait des prélèvements réguliers que nous avons neutralisés au carbonate de baryum. D'une part, nous avons analysé les réducteurs formés, d'autre part nous avons porté sur la ligne de départ d'un chromatogramme sur papier une tache de chacun des prélèvements. On développe le chromatogramme avec du phénol aqueux en chromatographie descendante, avec écoulement du phénol au bas de la feuille. Les taches sont révélées avec du résorcinol chlorhydrique.

Déjà après 1h30 d'hydrolyse on voit apparaître une série de taches, qui deviennent très nettes vers 5 ou 6 heures, un peu avant le temps de demi-hydrolyse, on distingue, outre le fructose, sept taches bien individualisées, puis une traînée qui part de la tache initiale où l'inuline non attaquée est restée en place. Pour des temps d'hydrolyse plus longs la tache d'inuline disparaît puis les taches intermédiaires et il n'apparaît plus qu'une tache de fructose.

Voici un tableau correspondant à des chromatogrammes développés pendant 48 heures. Le front du solvant étant en dehors de la feuille, nous caractériserons les taches en donnant leur R_g par rapport au fructose :

([2]) *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1505.

([3]) *J. Am. Chem. Soc.*, **52**, 1930, p. 3995.

([4]) *Ann.*, **504**, 1933, p. 19.

([5]) *Bur. Stand. J. Res.*, **3**, 1929, p. 27; **5**, 1930, p. 733; **5**, 1930, p. 1151; **6**, 1931, p. 709; **11**, 1933, p. 619.

([6]) W. N. Haworth, E. L. Hirst et E. G. V. Percival, *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 2384.

([7]) Partridge, *Biochem. J.*, **42**, 1948, p. 238.

$$R_g = \text{Rapport}\ \frac{\text{déplacement du glucide}}{\text{déplacement du fructose}}.$$

Temps d'hydrolyse...	5 heures		6 heures	
	R_g.	N°.	R_g.	N°.
Fructose	1,00	1,25	1,00	1,25
A	0,80	1,22	0,80	1,22
B	0,65	1,22	0,65	1,22
C	0,54	1,25	0,54	1,29
D	0,43	1,37	0,42	1,36
E	0,31	1,30	0,31	1,30
F	0,24	1,38	0,24	–
G	0,17	–	?	–

$$N = \text{Rapport}\ \frac{\text{déplacement d'un glucide}}{\text{déplacement du glucide suivant}}.$$

En conclusion, l'expérience a vérifié notre hypothèse. L'hydrolyse acide de l'inuline libère une série de produits intermédiaires entre ce polyoside et le fructose. Le déplacement du glucide A est identique à celui du saccharose, les glucides B et C se placent de chaque côté du raffinose. Nous observons un rapport presque constant entre le déplacement d'un glucide et celui de son suivant. Ceci nous fait penser à une série de corps : di-, tri-, tétra-, penta-holoside, etc., le premier qui occupe la place du saccharose étant un diholoside, peut être le saccharose lui-même, qui proviendrait alors de la séparation en un seul tronçon du groupe fructose-glucose qui doit exister dans chaque chaîne d'inuline, d'après Bell (8).

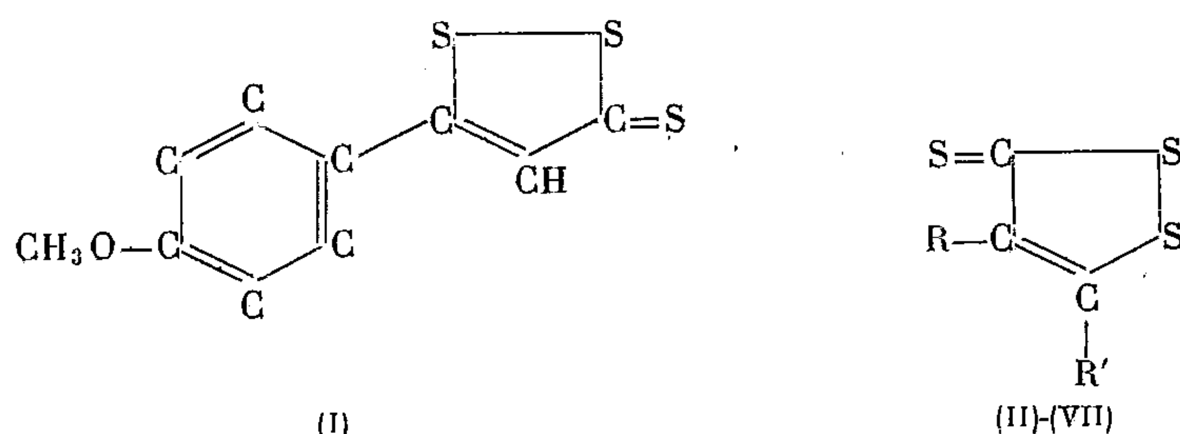
CHIMIE ORGANIQUE. — *Fixation du soufre par certains dérivés aromatiques à chaîne latérale éthylénique*. Note (*) de MM. **Joseph Schmitt** et **Albert Lespagnol**, présentée par M. Marcel Delépine.

En réalisant une déshydrogénation par le soufre d'un produit de polymérisation du *p*-méthoxy-isopropénylbenzène, nous avons isolé un composé soufré ($C_{10}H_8OS_3$) stable et fortement coloré en rouge (II). Au cours des recherches, suscitées par cette observation, nous avons plus spécialement étudié les particularités structurales susceptibles de conditionner l'introduction du soufre dans les molécules présentant une constitution analogue à celle du produit dont nous étions fortuitement partis. Dans l'ignorance où nous étions, du moins au début de nos expériences, de travaux antérieurs et pour une large part rela-

(8) D. J. Bell et A. Palmer, *Biochem. J.*, (2), 45, 1949, XIV.

(*) Séance du 23 janvier 1950.

tivement récents (¹) et (²), nous avons été amenés à traiter l'anethole par le soufre et avons retrouvé les résultats de ces auteurs. On sait que l'on obtient dans ce cas un dérivé trisoufré couramment appelé *trithioanethole* et répondant à la formule (I). Nous avons obtenu des dérivés semblables en traitant par le soufre et dans les mêmes conditions le *p*-méthoxy-isobutényl-benzène, le 2-*p*-méthoxyphényl-3-phénylpropylène-2 et l'ester de l'acide *p*-méthoxy-β-méthylcinnamique. Si l'on considère comme acquise la formule du *trithioanethole* (³) (I), on peut admettre pour les produits que nous avons préparés les formules suivantes : $C_{11}H_{10}OS_3 . C_{16}H_{12}OS_3 . C_{13}H_{12}O_3S_3$ et répondant aux schémas ci-après : (III).(IV).(V). Par contre le 3-*p*-méthoxyphényl-pentène-3 traité par le soufre ne donne pas de dérivé polysoufré coloré.



(I) (II)-(VII)

(II)	F 152°;	$R = CH_3O—C_6H_4$–,	$R' = H$—
(III)	F 149°;	R = »	, $R' = —CH_3$,
(IV)	F 168°;	R = »	, $R' = —C_6H_5$,
(V)	F 113°;	R = »	, $R' = —COOC_2H_5$,
(VI)	F 104°;	$R = CH_3—C_6H_4$,	$R' = H$—,
(VII)	F 198°;	R = α-naphtyl-,	$R' = H$—,

Ces constatations, jointes à celles qui ont été faites par ailleurs, montrent la nécessité d'un groupement *méthyl* activé par une double liaison et de la présence d'un atome d'hydrogène sur l'atome de carbone en β du — CH_3.

Dans une deuxième série d'expériences, nous nous sommes attachés à déterminer si une substitution quelconque dans un noyau benzénique porteur par ailleurs d'un groupe isopropénylé était nécessaire ou favorable à l'obtention de dérivés polysoufrés. Le comportement comparé de l'isopropénylbenzène, du *p*-méthyl-isopropénylbenzène qui conduit au produit (VI) de formule $C_{10}H_8S_3$ F 104°, rapproché de ce que l'on a dit plus haut des dérivés paraméthoxylés, nous a montré que la substitution en para (par — CH_3 ou — OCH_3) était favorable à la réaction.

D'autre part, si l'on veut bien considérer comme légitime l'assimilation du naphtalène à un noyau benzénique porteur de deux chaînes latérales, il semble

(¹) O. Gaudin et N. Lozac'h, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 577.
(²) B. Böttcher et A. Lüttringhauss, *Ann. Chem.*, 557, 1947, p. 87.
(³) N. Lozac'h, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 686.

que la substitution en ortho et méta favorise également la fixation du soufre. L'α.isopropényl-naphtalène conduit facilement au dérivé soufré attendu (VII) de formule $C_{13}H_8S_3$.

GÉOLOGIE. — *Actions littorales dans la région du Grau d'Orgon (delta du Rhône).* Note de Mme **Lucien Razavet**, présentée par M. Charles Jacob.

La région deltaïque du petit Rhône subit une rapide érosion, tant sur les berges du Grau que sur le littoral. Par suite du comblement progressif de ce bras du fleuve, ses eaux, descendant lentement à la mer par le Grau d'Orgon, n'apportent généralement qu'une charge sédimentaire minime, hors périodes de grandes crues, marquées par l'abondance des troubles (vases rouges des crues du Gardon ou vases noires des crues de l'Isère). Par contre, en période de maigre, l'effet de la mer se fait sentir très loin car, au pont de Sylvéréal, la salinité est encore assez forte pour permettre la vie de certains poissons marins. Au total la masse des matériaux apportés par le fleuve reste faible et ne suffit visiblement pas à compenser l'érosion par les actions marines des berges et du littoral.

En effet, jusqu'au voisinage du bac du Sauvage où la diminution de la salure permet l'installation de roselières qui sont d'actifs agents de la sédimentation des vases et des limons, les *deux rives* présentent des traces notables d'érosion. Dans cette zone, les berges vaseuses s'effondrent par blocs encore recouverts d'herbes et de joncs, avec formation de falaises d'érosion caractéristiques et sans cesse rafraîchies par leur recul. Les berges sableuses y sont également attaquées, mais sans formation de falaises d'érosion et seuls, les tamaris morts, inondés et déchaussés, donnent une preuve incontestable de leur régression.

L'érosion se poursuit à l'embouchure et sur le littoral; par endroits, la vase, généralement couverte d'une minime épaisseur de sable, affleure au fond en gros blocs dont la destruction est très lente. Elle est littéralement remplie de racines de roseaux morts qui montrent qu'il s'agit d'anciennes formations lagunaires envahies et ravinées par l'avancée marine. Au débouché du Grau, le recul du rivage serait déjà de près d'un kilomètre. L'embouchure présente une barre se raccordant aux rivages à ses extrémités et doublée de deux cordons littoraux parallèles aux grèves. A l'Ouest du Grau, une grande partie de la plage et des anciennes dunes a disparu. L'étang d'Icard, jadis séparé de la mer par un cordon de dunes se trouve maintenant ouvert à celle-ci, lorsque, par tempête du Sud-Est, les lames franchissent l'étroite bande de terre qui, par beau temps, l'isole encore. Malgré un apport de sable, l'action des vagues pénétrant l'étang se traduit par une nette attaque des berges avec formation d'une falaise d'érosion. A l'Est, la régression est aussi rapide : alors que les Saintes-Maries de la Mer se trouvaient à plus de 800m du rivage, il y a

seulement 50 ans, la mer vient battre les constructions de défense et envahit les plages basses, arrachant aux *montilles* environnantes des quantités énormes de sable. Même par léger vent du Sud, une légère falaise d'érosion persiste de l'Orgon jusqu'aux Saintes-Maries.

Comme pour le reste du delta, l'insuffisance ou la réduction des apports sédimentaires suffisent donc à entraîner l'instabilité et le recul du rivage. Ce recul semble surtout s'effectuer sous l'influence des tempêtes de Sud-Est par le mécanisme classique de dispersion au large, mais peut-être aussi en raison de phénomènes de départ par transfert. Il est à noter que les épis de défense, face à la ville des Saintes-Maries, présentent sur leur côte Ouest un engraissement sensible amenant la formation de plages embryonnaires. Cette stabilisation tient au fait que les épis favorisent l'arrêt sur place des sédiments venant de l'Ouest par transfert littoral et que les dépôts ainsi constitués se trouvent plus ou moins abrités des houles du Sud-Est. Au contraire les apports par transfert venus de l'Est seraient compensés par le fait que les vents et les tempêtes du Sud-Est soufflant vers la côte, provoquent des phénomènes de dispersion qui inhibent l'engraissement du côté Est des épis.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des plateaux calcaires du Sud-Ouest des Alpes-Maritimes*. Note de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Charles Jacob.

Cette région a fait l'objet de nombreux travaux; parmi les plus récents, ceux de J. Goguel ont modifié considérablement l'idée qu'on s'en faisait autrefois avec L. Bertrand, sans supprimer pourtant les chevauchements d'une certaine importance dont je ne crois plus possible d'admettre aujourd'hui l'existence.

Cette région est formée d'arêtes calcaires qui sont autant d'anticlinaux jurassiques poussés au Sud et tranchés par des failles axiales et subverticales, qui en dégagent souvent les charnières, mais ne sont en aucun cas des plans de charriage. Les plaines que ces arêtes limitent sont des dépressions synclinales occupées par des sédiments crétacés affectés de plis le long des parois faillées et dans les zones de serrage, cependant que les flancs Sud de ces dépressions, modérément inclinés, montrent une succession régulière de ces sédiments. Cette série de plis-failles manifeste longitudinalement des phénomènes variés : abaissements d'axe, ennoyages et terminaisons périclinales, accompagnés de cassures transversales, qui permettent de se rendre compte de la continuité du revêtement crétacé, de la régularité de ses faciès et aussi de l'absence de discontinuités tectoniques importantes. Ces faits concordent avec mes exposés sur le Crétacé ([1]).

Les accidents transversaux : failles, diaclases et clivages, divisent cet édifice plissé en blocs de plus en plus petits. Les failles sont de deux sortes, radiales et obliques; les pre-

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 312; **230**, 1950, p. 453.

mières ont de faibles dimensions, mais sont souvent nombreuses et la somme de leurs dénivellations, lorsque celles-ci se produisent dans le même sens, est parfois considérable. Elles sont peu visibles à la traversée des sédiments plastiques. Parmi ces failles, je citerai : les petites cassures radiales qui découpent la base S. de la Montagne du Thiey et aussi celles de Caussols qui délimitent déjà des compartiments un peu plus importants; quelques-unes ont occasionné des dénivellations plus considérables : gradins de l'accident de Valderoure; abaissement d'axe du Col Bas au Nord de Caille; terminaison périclinale occidentale de la Montagne du Thiey; ennoyage de la Montagne de l'Hubac; enfin, compartiments effondrés de Canaux et d'Emplans (Nord de l'Audibergue).

Les failles obliques se combinent souvent avec les failles radiales; ce sont des accidents sinueux qui se suivent, avec ou sans relais, sur de longues distances, malgré quelques interruptions. Les principales sont : 1° la faille du vieux Séranon, qui va de la Montagne de Lachens au Sud-Ouest à celle de Bleine au Nord-Est en passant par Valderoure; cette faille est affectée de phénomènes de torsion qui affaissent alternativement l'une ou l'autre de ses lèvres; au Nord de Valderoure, elle amène le Crétacé inférieur, disloqué par des phénomènes d'écoulement, en contre-bas du Jurassique; 2° parallèle à la précédente, la faille de Caille qui recoupe obliquement l'Anticlinal d'Andon par l'abaissement d'axe du Col Bas, limite à l'Ouest la plaine de Caille, passe entre le Bauroux et la Montagne de l'Hubac, puis, après une double inflexion avec décrochement autour des terminaisons périclinales des Montagnes de l'Hubac et du Bois de Séranon, reprend sa direction SW jusqu'au-dessus de la Lubie; cette faille est accompagnée de zones de broyage et d'écailles; deux de celles-ci coincent un peu de Barrémien fossilifère dans le plongement périclinal de la Montagne de l'Hubac; 3° un ensemble de failles de direction moyenne SW-NE, se relayant sur plus de 20^{km} de distance depuis les environs de Saillans jusqu'aux Teilles près d'Andon, recoupent toute la série des terrains allant du Trias au Crétacé supérieur et limitent sur leur parcours les fossés crétacés de Mons et des Gras, la terminaison périclinale de la Montagne du Thiey et l'ennoyage oriental de l'Anticlinal de l'Hubac. Ces accidents suggèrent l'existence de relations avec des dislocations post-hercyniennes de la bordure NW du Tanneron et de l'Esterel; 4° enfin, plus à l'Est, la vallée supérieure de la Siagne orientée N-S, ainsi que celle des Nans et les Gorges du Loup de direction NNW, correspondent à des affaissements locaux dont l'origine pourrait être également ancienne.

Aucune observation ne me permet d'admettre l'existence de chevauchements importants et, moins encore, celle de nappes de charriage. Concernant ces dernières, je n'ai pas retrouvé l'affleurement de Cénomanien se montrant à la faveur d'une fenêtre ouverte dans le Trias au fond de la vallée du Loup, au Nord de Bramafan : les quelques fragments de Cénomanien fossilifères que j'ai recueillis là proviennent d'une alluvion reposant sur le Trias à quelques mètres au-dessus du thalweg. Par ailleurs, quand on suit dans le sens longitudinal les plis de la bordure subalpine au Nord de Grasse, on constate un relèvement de l'ensemble vers l'Est avec épanouissement des synclinaux qui finissent par disparaître en hauteur (synclinal de Thorenc), un écrasement avec enfoncement et ennoyage de certains anticlinaux (anticlinal de l'Hubac qui s'écrase à l'Ouest contre l'Audibergue, s'ennoye à l'Est d'Andon et ne reparaît plus qu'en lames discontinues entre cette localité et Gréolières, en même temps que des deux synclinaux qui l'enserrent, celui du Nord s'approfondit et l'autre disparaît, avant que les deux se terminent par relèvement à l'Est de Coursegoules).

En conclusion, la région des Plateaux du Sud-Ouest des Alpes-Maritimes se montre constituée par une succession de plis-failles dirigés grossièrement Est-Ouest et à peine déversés vers le Sud, que recoupent deux systèmes de cassures : les unes, normales à leur direction, occasionnent des dénivellations souvent peu importantes; les autres, obliques pour la plupart et beaucoup plus longues, sont de grands accidents ayant probablement rejoué à différentes reprises et dans lesquels je verrais l'influence de vieilles dislocations du socle post-hercynien et triasique. Ce compartimentage ancien serait partiellement responsable de la production des failles radiales.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *L'analyse morphométrique des réseaux hydrographiques.* Note (*) de M. **Ph. Pinchemel**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

L'étude des réseaux hydrographiques est généralement limitée à l'énoncé de leurs qualités les plus apparentes : on parle de régions *bien* ou *mal drainées*, de chevelu hydrographique *plus ou moins dense* sans préciser la forme du bassin, la densité du drainage, les relations entre les affluents, etc.

Nous proposons ici une série d'indices et de rapports qui permettent de définir un réseau hydrographique et de caractériser son bassin; certains de ces indices (n° 1 et n° 5) ont déjà été utilisés par divers auteurs ([1]), mais ils n'ont jamais servi de bases à des études systématiques.

Nous avons calculé ces indices pour trois bassins très différents les uns des autres : la Selle, affluent de la Somme (craie blanche); la Liane, rivière principale du Bas-Boulonnais (calcaires et marnes du Jurassique et du Crétacé inférieur); la Roselle, sous affluent de la Vienne dans le Limousin (terrains cristallins).

1° *Densité de drainage.* — $Dd = L/Sb$, Sb étant la surface du bassin et L la longueur totale des cours d'eau du bassin, cette longueur étant mesurée suivant l'axe des vallées sans tenir compte des méandres ou de toutes autres sinuosités postérieures à l'établissement du système des vallées

	Selle.	Liane.	Roselle.
(km/km²)	0,10	0,83	1,94

2° *Densité des thalwegs.* — $Dt = Lt/Sb$, Lt étant la longueur totale des vallées et vallons, drainés ou non.

	Selle.	Liane.	Roselle.
(km/km²)	0,74	1,54	2,61

(*) Séance du 30 janvier 1950.

([1]) Belgrand; Horton.

3° *L'indice d'asséchement* est donné par le rapport de ces deux densités $Ia = Dt/Dd$

Selle.	Liane.	Roselle.
7,4	1,85	1,3

4° *Longueur moyenne des thalwegs* $Lm = Lt/N$, N étant le nombre total des thalwegs

	Selle.	Liane.	Roselle.
(km)	2,4	1,01	0,357

5° *Surface moyenne drainée par thalweg* $Sm = Sb/N$

	Selle.	Liane.	Roselle.
(km²)	3,4	0,65	0,13

6° *Rapport d'affluents* $Ra = Lt - Ldo/Ldp$, Ldp étant la longueur du drain principal

Selle.	Liane	Roselle.
10,7	11,09	15,4

7° *Indice de développement.* — C'est le rapport de la longueur de la rivière principale à la distance, mesurée en ligne droite, de sa source à son embouchure $I\delta = Ldp/Ld$

Selle.	Liane.	Roselle.
1,15	1,31	1,31

8° *Indice d'homogénéité* Ih_0. — C'est le rapport de la surface du bassin à la surface d'un ovoïde qui aurait pour grand axe la longueur maxima du bassin

Selle.	Liane.	Roselle.
0,837	0,636	0,770

9° *Indice de hiérarchie* Ihi. — Le classement des rivières ou des vallées d'un réseau en séries d'après le développement de leurs affluents a été utilisé en Allemagne et aux États-Unis (2); le nombre des séries d'un réseau a déjà une valeur indicative quant à la plus ou moins grande complexité de ce réseau. En calculant pour chaque série le nombre des vallées qui confluent régulièrement avec les vallées de la série suivante et en établissant le pourcentage moyen des vallées qui se conforment au développement logique du réseau, on obtient l'indice de hiérarchie; il n'atteint jamais 100 % même dans des conditions théoriques idéales, mais sa valeur, comme celle de l'indice d'homogénéité traduit les facteurs géologiques et les incidents cycliques qui ont orienté et troublé la mise en place du réseau

Selle.	Liane.	Roselle.
49,96 %	51,53 %	47 %

(2) GRAVELIUS, *Flusskunde*; HORTON, *Bull. Geol. Soc. of America*, 1945, p. 275 et suivantes.

TECTONIQUE. — *Sur les plis jurassiens à l'Ouest de Saint-Claude.* Note de M. **Henri Vincienne**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Ces plis offrent des exemples frappants de la structure dans le Sud du Jura. Coupés par la Bienne, ils comprennent de Saint-Claude à Vaux : 1° l'anticlinal de Chevry-Avignon; 2° la zone synclinale de Lavans-Saint-Lupicin; 3° l'anticlinal de Vaux-Saint-Romain. Les anticlinaux 1 et 3 sont déversés, le premier vers l'Ouest, comme la plupart des anticlinaux de l'Est du Jura, le deuxième, vers l'Est.

I. *L'anticlinal de Chevry* présente la structure habituelle aux grands anticlinaux du Sud du Jura. Le flanc Est, normal, de l'anticlinal apparaît, sur les parois Nord de la vallée, comme chevauchant, selon un plan incliné de 15 à 30° vers l'Est, sur le flanc Ouest, déversé, du pli. Ce dernier flanc constitue, au Nord du barrage d'Étables, un éperon rocheux, montant à peine à mi-versant, composé des assises du Rauracien au Portlandien, subverticales au fond de la vallée, puis s'infléchissant progressivement vers l'Ouest. Il chevauche à son tour la zone synclinale de Lavans, selon un plan incliné de 20° vers l'Est; mais au niveau de la Bienne, ce plan se redresse presque à la verticale et l'on peut voir, à l'aval du barrage, le contact anormal, NE-SW, suivi en gorge sur 600^{m} par la rivière, entre l'Hauterivien au Nord-Ouest et le Jurassique supérieur au Sud-Est. Vers le Sud, en même temps que le pli s'exalte, le contact chevauchant s'infléchit pour passer à l'Ouest du Truffet, qui représente lui aussi le flanc inverse, jurassique supérieur, de l'anticlinal, recouvrant l'Urgonien synclinal, selon un plan incliné de 30° vers l'Est. Sur le massif même du Truffet, le flanc normal chevauchant a disparu par érosion. Des failles, postérieures au chevauchement, découpent en coin, au Nord-Ouest et à l'Ouest de Chevry, le bord du noyau médiojurassique et le font buter sans chevauchement contre le massif du Truffet (faille NE-SW), puis plus au Sud contre le Crétacé synclinal (faille N-S). Elles semblent se poursuivre sans rejet appréciable au delà des limites du coin considéré et ont dû être préparées par une fissuration antérieure.

II. La *zone synclinale de Lavans* est complexe. Depuis Molinges, son fond s'accidente d'un bombement axial, qui n'acquiert toute sa valeur de pli qu'au delà d'un accident transversal, N 1 à 12° W; celui-ci naît à l'Ouest de la Bataille (1^{km} au Nord d'Étables), rejette le bord Ouest de l'anticlinal d'Avignon, passe à l'Est de Cuttura, puis se dirige vers les Crozets. Il a facilité l'exaltation des plis de sa lèvre Est et déterminé sur son trajet, de Ponthoux à Ravilloles, un soulèvement du Crétacé et du Portlandien en une sorte d'ondulation transversale. A l'Est de l'accident, toute la zone est remplacée, du Nord au Sud, par le synclinal de Leschères, l'anticlinal du Bois de Cuttura, le synclinal du Bois de Lésigna et de Grand-Essart, lui-même accidenté, près du Pré Trainé, d'un

bombement, faillé en long selon son axe et sur ses bords. 200^{m} à l'Ouest de Valfin, l'ensemble est recoupé par un autre accident parallèle au premier et retroussant les couches sur son parcours.

A l'Ouest de l'accident de la Bataille-les Crozets, la zone synclinale est divisée en deux par son bombement axial : à l'Est, le synclinal de Ponthoux, à l'Ouest, celui de Pratz. Le premier se complique au Sud de Ponthoux, de part et d'autre de la Bienne, d'un écaillement de son flanc Ouest, le flanc Est n'apparaissant pas : en amont du Moulin de Lison, la série crétacée se répète en une écaille, largement chevauchante et qui présente elle-même, au Nord de la Bienne, une tendance à replis et cassures chevauchantes. De là cet étagement de corniches urgoniennes sur le versant jusqu'aux abords de la Bataille. L'écaillement est en rapport avec le serrage exercé sur le bord du synclinal par l'anticlinal chevauchant et dérive d'un replissement du Crétacé, semblable à celui des Bois Thier et de Marignat.

Le synclinal de Pratz est également rendu complexe : *a.* par un repli, qui forme à l'Est du Patey une longue ride valanginienne; *b.* par le chevauchement de son flanc Ouest, redressé ou déversé, sur son flanc Est; c'est à la faveur de ce recouvrement que se trouve pincée entre les deux flancs une lame de Portlandien, à l'Ouest du Patey, sur environ 2^{km},5.

III. L'*anticlinal de Vaux* ne nous intéressera que par sa bordure Est. Au Nord-Est de Vaux, sur la droite de la Bienne, la retombée Est de l'anticlinal, renversée à la base, nous fournit un bel exemple de chevauchement, semblable à celui des Neyrolles : elle repose sur le flanc normal, crétacé, subhorizontal, du synclinal de Pratz, selon un plan incliné d'environ 20° vers le Nord-Ouest. La poussée de l'anticlinal a retroussé la corniche urgonienne de la série synclinale, sur son bord Ouest. Postérieurement au chevauchement, une faille verticale, longitudinale, a mis en contact brutal, à l'Est de la chapelle de Saint-Romain, le flanc déversé de l'anticlinal contre le noyau médiojurassique, soulevé, de celui-ci : le contact prend en écharpe les assises du Jurassique supérieur. Au Sud de Chiriat, les faits sont du même ordre.

Vers le Nord, des accidents transversaux, environ N. 30° W., recoupent la bordure Est de l'anticlinal, la décalent, la dénivellent en touches de piano, et expliquent les variations structurales qu'on observe entre les sections qu'ils délimitent. Les principaux sont ceux de Saint-Romain, de Molinges (carrières de La Valière, de Pratz), de Pré Ron, des Louvières. Certains sont composites et formés localement de sections qui se prolongent, presque sans rejet, dans les terrains voisins. Le plus important, celui de Molinges, a favorisé, au Nord de la Bienne, l'exhaussement de sa lèvre Est, le décalage apparent vers le Nord-Ouest des éléments de celle-ci, la disparition des flancs déversés de l'anticlinal de Vaux et du synclinal de Pratz.

Sans revenir sur des conclusions antérieures, nous soulignerons la multiplicité des accidents postérieurs aux plis et chevauchements; ils altèrent

souvent la structure originelle, peuvent masquer l'importance réelle des recouvrements et entraîner une fragmentation et une redistribution, en compartiments abaissés ou soulevés, des éléments du pli. Ils semblent généralement provenir d'un rejeu partiel d'accidents antérieurs, sans rejet appréciable; ces derniers, très nombreux, se traduisent dans le détail de la morphologie et peuvent être décelés par l'examen des stéréophotos d'avion.

HYDROLOGIE. — *Les variations de la teneur en gaz carbonique des eaux souterraines en fonction de l'altitude.* Note de M. **Henri Schoeller**, présentée par M. Charles Jacob.

La teneur en gaz carbonique libre ou combiné des eaux souterraines traduit fidèlement la tension du même gaz dans l'atmosphère des sols, et, par là-même, l'activité chimico-physique des phénomènes d'altération des roches.

Or, j'ai précédemment montré (¹) comment la teneur en gaz carbonique des eaux souterraines variait en fonction du climat : augmentation depuis les régions tempérées jusqu'aux steppes africaines, puis diminution vers le Sahara. Il restait à voir si la même loi s'étendait de France aux régions polaires. J'ai ainsi analysé les eaux de nos régions montagneuses, Alpes et Pyrénées, à des altitudes de plus en plus élevées. Cela revenait à aller à des latitudes de plus en plus grandes. Les résultats sont les suivants :

Teneur en CO_2 libre.

Altitude.	Nbre (*).	Extr. (**).	Moy. (***)	Altitude.	Nbre (*).	Extr. (**).	Moy. (***).
			Queyras et Galibier.				
900–1000...	8	10–38	24,3	2000–2500...	9	2–15	8,3
1000–1500...	10	11–33	17,5	2500–2665...	8	2–16	8,0
1500–2000...	15	8–27	14,8				
			Tarentaise.				
1500–2000...	3	8–12	10,6	2000–2370..	3	2–11	5,3
			Vallée du Gave de Pau.				
500–1000...	6	4–56	15,1	1500–2000...	8	2–13	6,5
1000–1500...	10	3–23	9,1	2000–2350...	7	2–5	4,8

Teneur en CO_2 combiné.

Altitude.	Nbre (*).	Extr. (**).	Moy. (***)	Altitude.	Nbre (*).	Extr. (**).	Moy. (***).
			Queyras.				
900–1000...	8	82–156	124	2000–2500...	8	26–112	60
1000–1500...	10	66–180	101	2500–2665...	5	32–61	45
1500–2000...	15	53–126	82				
			Vallée du Gave de Pau.				
500–1000...	6	51–132	80	1500–2000...	8	30–63	44
1000–1500...	10	51–114	67	2000–2350...	7	27–45	39

(*) Nombre d'analyses.
(**) Valeurs extrêmes de la teneur en CO_2.
(***) Valeurs moyennes de la teneur en CO_2.

(¹) *Bull. Soc. géologique de Fr.*, (5), 11, 1941, p. 275 et 284.

Les analyses nous montrent qu'aussi bien la teneur en CO_2 libre que la teneur en CO_2 combiné qui en dépend diminuent en fonction de l'altitude, et cela d'une manière remarquablement nette. Cette diminution générale du gaz carbonique peut être reliée à une réduction de l'activité biologique des sols. On conçoit qu'avec des latitudes ou des altitudes croissantes, c'est-à-dire avec une diminution de la température moyenne annuelle du sol ou de l'air, le taux de production du gaz carbonique s'abaisse. Certes la pluviométrie n'est pas indifférente, car elle aura pour conséquence une dilution plus grande du gaz carbonique dans l'eau. C'est peut-être pour cette dernière raison en particulier, et peut-être aussi pour d'autres causes géologiques, que la teneur en gaz carbonique des eaux des Pyrénées est inférieure à celle des eaux du Queyras, à altitude égale. Dans la vallée du Gave de Pau la pluviométrie est de 1000 à 1500^{mm}, tandis que dans le Queyras elle n'est que de 800 à 1000^{mm}.

La décroissance de la teneur en gaz carbonique n'est pas régulière dans une même région. D'abord les sources peuvent avoir leur alimentation dans des régions très élevées au-dessus d'elles. Ainsi dans le Queyras, une source au voisinage du Pont de la Mort, à l'altitude d'environ 1070^m, d'un débit de 50 à 100 litres/sec, ne présentait qu'une teneur de 12^{mg} de gaz carbonique libre au lieu de 24, et 70^{mg} de gaz carbonique combiné au lieu des 120 normaux. Cela tient à ce que la source s'alimente bien au-dessus de la vallée, comme en fait foi sa température de 6°,8 au lieu d'une température normale comprise entre 9 et 12°. De plus d'autres facteurs géographiques ou géologiques peuvent intervenir : la vitesse de circulation de l'eau dans des chenaux plus ou moins aérés, l'exposition, adret ou ubac des zones d'alimentation. Mais ce ne sont que des variantes de la règle ici bien établie de la diminution de la teneur en gaz carbonique des eaux souterraines en fonction de l'altitude et de la latitude.

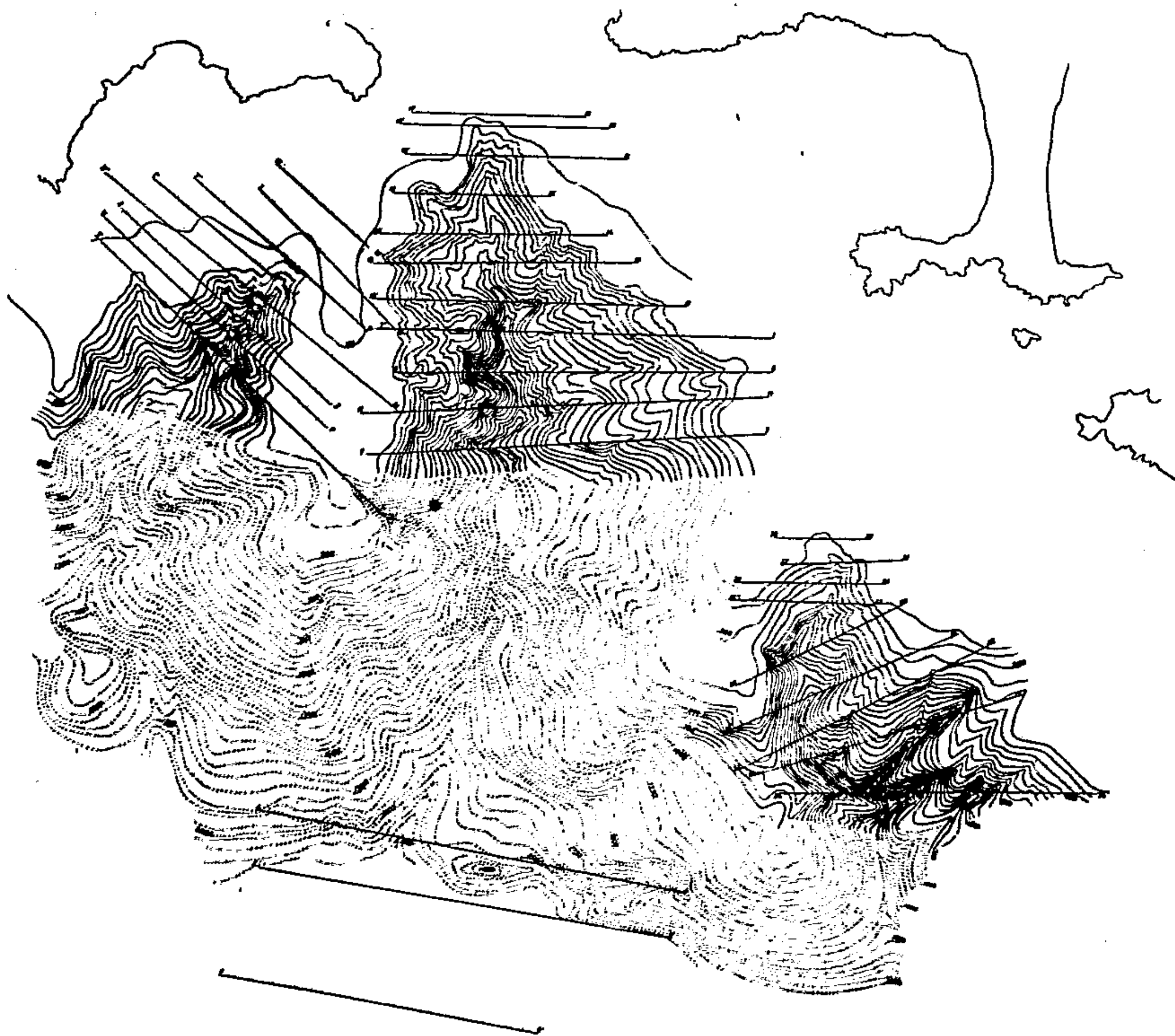
OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la topographie sous-marine au large de Toulon.* Note de MM. **Jacques Bourcart**, **Georges Houot** et Mlle **Claude Lalou**, présentée par M. Donatien Cot.

Le socle continental, au large de Toulon, a pu être exploré en juin 1949 à bord de l'aviso *Ingénieur Élie Monnier*. Les levés ont été effectués par sondage continu avec le sondeur N. J. 3 et concurremment avec un montage vertical de l'*asdic*, réalisé par le Commandant J. Y. Cousteau. Les résultats de ces levés ont été combinés avec les nombreux sondages ponctuels obtenus par l'Ingénieur hydrographe Marti en 1937. Ils se sont révélés en très bonne concordance ([1]).

Dans cette région, le socle continental est particulièrement étroit, la distance

([1]) Sur la carte ci-après les courbes en traits pleins correspondent à nos levés et à ceux de Marti, celles en pointillé à l'interprétation des sondages de Marti.

entre la ligne réunissant le Cap Cépet à la presqu'île de Giens (qui laisse en dehors la Grande Rade) et le fond de la Méditerranée, presque uniforme à partir de — 2200^m, n'est que de 19^{km} quand, au large de Sète, le socle a une largeur de 150^{km} environ.



La forme de ce socle est très complexe : trois profondes gorges l'accidentent, séparées par d'étroits pédoncules, d'abord peu inclinés jusqu'à — 250^m, puis se terminant par une convexité. Les gorges débutent par des cirques esquissés dès — 90^m, puis en pente rapide à partir de — 150^m comme s'ils avaient été tronqués par une surface d'érosion. La gorge centrale débute un peu à l'Ouest de la passe de la grande rade, au voisinage du Cap Cépet. Le cirque s'étale largement vers le Sud-Est entaillé par une série de ravins. La paroi du cirque de la gorge de l'Est, beaucoup plus éloigné de la côte, se trouve sur le prolongement de la même ligne, parallèle d'ailleurs à la côte de Porquerolles. La gorge de l'Ouest, qui paraît se réunir à une autre de l'autre côté du prolongement sous-marin du Cap Sicié, a initialement une forme très simple sur sa rive gauche, mais elle reçoit de nombreux ravins sur sa rive droite.

Les trois gorges sont très encaissées jusqu'à une profondeur de — 1500^m. Elles s'élargissent ensuite beaucoup et le relief plus mou, semble celui d'un delta. Au delà de — 2000^m la topographie est très indécise.

Le profil en travers des gorges présente d'abord une pente douce jusqu'à — 150^m

qui devient très raide en dessous de cette profondeur; vers — 450^{m} la forme est très compliquée, avec des remontées et même des aiguilles. Enfin au-dessous de — 450-500^{m} la pente devient très raide, parfois presque verticale, jusqu'au fond de la gorge. Celui-ci assez plat, présente des élargissements et des étranglements. La profondeur de ces diverses ruptures de pente augmente régulièrement de l'amont vers l'aval.

La pente moyenne de la gorge centrale est beaucoup plus raide sur la rive droite que sur la rive gauche qui est entaillée de ravins. Il en est de même pour la rivière orientale, mais les ravins de la rive gauche sont profondément encaissés. Au contraire, dans la rivière occidentale (Sicié), c'est la rive gauche qui est la plus raide.

Il semble que la morphologie soit déterminée par une structure où les directions NW-SE joueraient un rôle prédominant, ainsi que par des fractures de direction méridienne.

La pente des profils en long des gorges est très forte (7° en moyenne), régulière jusqu'à — 1400^{m} environ (Toulon), — 200^{m} (Sicié) puis elle s'accentue. Mais dans le cas de la gorge en zig-zag de Porquerolles, deux ruptures existent vers — 900^{m} et — 1400^{m}, un adoucissement se produit vers — 1700^{m} dans la région supposée deltaïque.

Les détails de la morphologie : nombreuses rivières affluentes, coudes brusques, aiguilles ou vires, ne semblent pouvoir s'expliquer que par un creusement de type fluvial. Il faut en outre noter que cette morphologie est très différente de celle du Rech Lacaze Duthiers que nous avons précédemment étudié (²).

MÉTÉOROLOGIE. — *Les courants de perturbations* (¹) *entre le Sud de l'Afrique, l'Australie et la Terre Marie-Byrd.* Note (*) de MM. **Raymond Jalu** et **André Viaut**, présentée par M. Pierre Lejay.

De récentes études de Langford et Gibbs ont signalé une zone de *cyclogénèse* dans un col isobarique à l'extrémité Sud-Ouest de l'Australie. Les dépressions qui naissent ainsi ont souvent le caractère de cyclones tropicaux; elles se déplacent vers l'Est, mais un grand nombre d'entre elles, bloquées par le bord occidental de l'anticyclone du Pacifique qui s'étend souvent sur toute la Nouvelle-Zélande, se dirigent vers le Sud-Est; elles sont très souvent occluses à leur arrivée aux îles Macquarie; il a été possible de suivre de telles dépres-

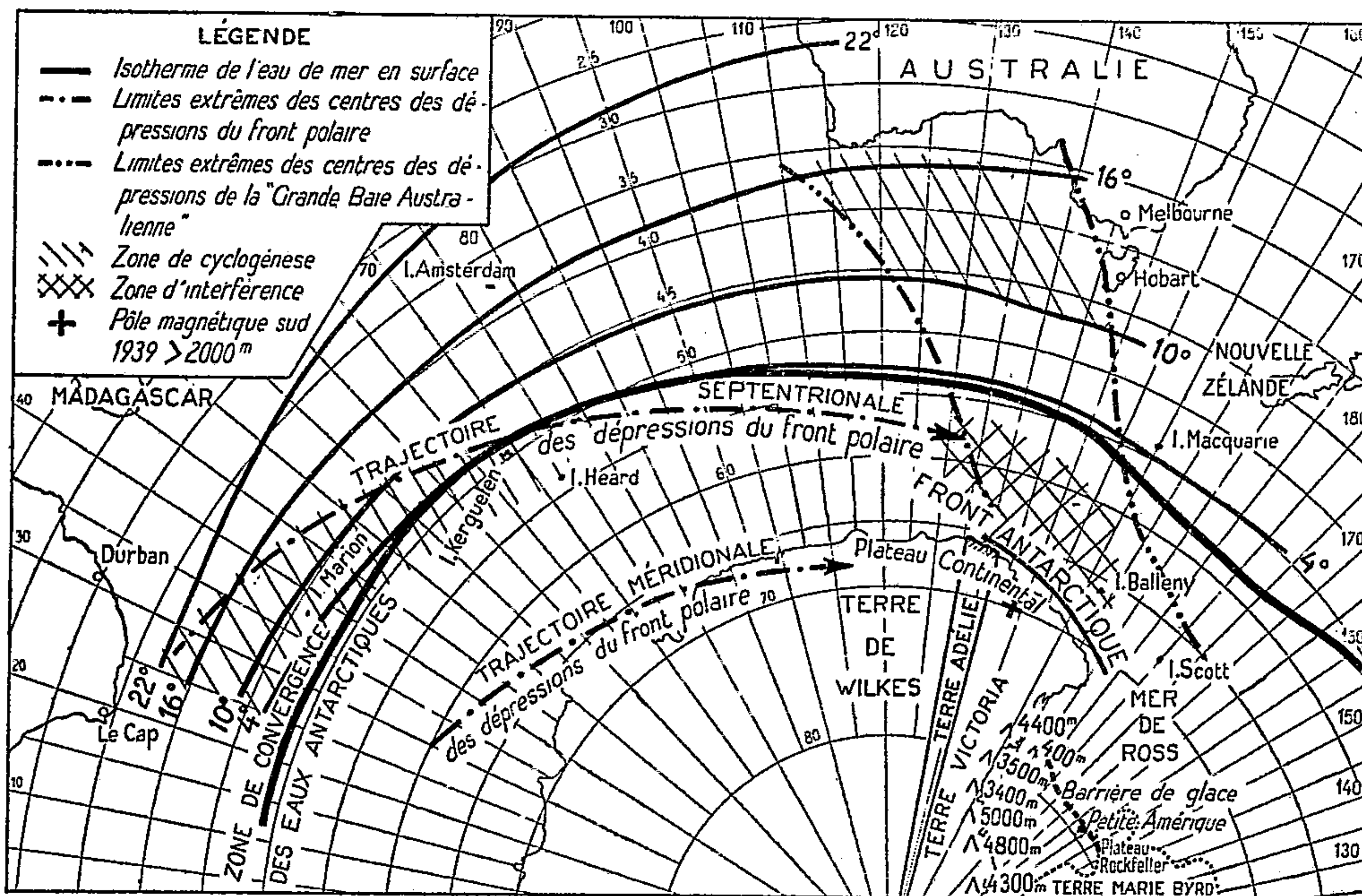
(²) J. Bourcart, A. de la Bernardie et Cl. Lalou, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1631-1633.

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 224.

(*) Séance du 16 janvier 1950.

sions plus au Sud, quand la trajectoire des centres passait entre les îles Macquarie et les îles Balleny et Scott.

Ces perturbations *interfèrent* souvent avec les perturbations les plus septentrionales du front polaire; il en résulte un nouveau type de *cyclogénèse*, particulièrement *vigoureuse* (baisse barométrique de — 30 à — 50^{mb} en 24 heures).



Le centre de l'immense tourbillon cyclonique qui en résulte reste stable pendant plusieurs jours dans le triangle Macquarie-Terre Adélie-Balleny; lorsqu'il commence à se combler, la dépression se déplace vers le Sud-Sud-Est pour aller mourir en Mer de Ross et se résorber près des montagnes de la Terre Marie Byrd. C'est alors une violente tempête (tempête 13 ou plus) qui sévit sur la Terre Adélie; au blizzard, s'ajoutent de fortes précipitations de neige; la température en surface, relativement élevée tant que les vents sont d'E à S-E (air polaire de retour à l'avant), s'abaisse très fortement dès que les vents soufflent d'entre S-S-E et S-W (air continental antarctique à l'arrière de la perturbation).

Il se produit, immédiatement après, un phénomène déjà signalé par les aérologistes de l'expédition américaine *High Jump*; l'écoulement forcé de l'air antarctique loin vers le Nord dans la partie postérieure de la grande dépression initiale entre en conflit avec l'air polaire maritime; il en résulte un système frontal important localisé vers le 65e parallèle qui s'étend vers l'Ouest, en partant du 170e méridien; le temps s'aggrave à nouveau; du ciel couvert, tombe une chute de neige continue par vent du Sud fort, puis modéré durant les intervalles pendant lesquels le baromètre accuse sa hausse la plus forte.

Ainsi, les caractéristiques les plus frappantes du climat en bordure Nord de la Terre Adélie sont :

1° *des vents* soufflant en très fortes tempêtes, qu'ils soient liés aux effets du *front antarctique* ou aux perturbations atteignant la zone dépressionnaire de la mer de Ross;

2° *les effets atténués* du front polaire direct résultant du comblement des dépressions et d'une frontolyse manifestes en bordure du continent au Nord de l'anticyclone antarctique;

3° *le très mauvais temps consécutif aux interférences* de perturbations entre es îles Balleny et Macquarie;

4° *les changements rapides* de type de temps, liés à un haut indice de circulation dans cette zone de l'antarctique.

OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la propagation des radiations visibles et infrarouges à travers le brouillard.* Note (*) de MM. **Albert Arnulf, Jean Bricard** et **Claude Veret**, présentée par M. Charles Maurain.

On a mesuré la transparence du brouillard artificiel produit dans l'enceinte édifiée au laboratoire de Bellevue, en utilisant deux faisceaux lumineux parallèles issus d'une même source, traversant le brouillard sous deux épaisseurs différentes, celui qui correspond à la plus petite épaisseur servant de faisceau de référence. On les reçoit sur le même récepteur dispersif et on les égalise en faisant varier le flux de référence dans un rapport connu. La source et les appareils récepteurs sont placés en dehors de la chambre; quatre tuyaux de longueurs égales deux à deux, placés à l'intérieur et munis de fenêtres convenables, sont parcourus par les faisceaux; ils permettent de limiter les épaisseurs de brouillard traversées par chacun, sans faire intervenir l'influence des fenêtres.

La source utilisée est un arc à électrodes de charbon, le domaine spectra exploré étant compris entre $0^{\mu},4$ et $5^{\mu},5$. On a effectué des mesures successives de l'absorption en un certain nombre de points de ce domaine; on a contrôlé la stabilité du brouillard en choisissant une longueur d'onde fixe et en faisant simultanément les mesures pour celle-ci, et pour la longueur d'onde à étudier. Ce dispositif permet ainsi de mesurer le flux global qui traverse le brouillard, c'est-à-dire la somme des flux transmis et diffusé, mais ne permet pas de les séparer l'un de l'autre. Le dernier, dont l'importance a été mise en évidence au cours de précédents travaux [1] n'intervient pas sensiblement ici, étant donnée la disposition de notre montage.

(*) Séance du 30 janvier 1950.

[1] Bricard, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1164; Middleton, *Journ. Opt. Soc. Amer.*, **39**, 1949, p. 576.

Les dimensions des gouttes de brouillard et leur répartition statistique ont été déterminées en les captant avec des fils fins et en les photographiant au microscope. On a utilisé les réseaux de fils de plexiglass fabriqués par M. Demon (²), suffisamment serrés pour que la plupart des gouttes qui viennent les frapper, entraînées par un courant d'air normal au réseau de fils, soient retenues, alors que le courant d'air peut passer. Leurs diamètres sont compris entre 1^μ et 20^μ; elles sont plus fines que celles qui constituent généralement les nuages naturels.

On a opéré sur une épaisseur effective de brouillard égale à 1^m; une épaisseur aussi faible ne permet pas la mise en évidence des bandes d'absorption de la vapeur d'eau.

Le fait le plus important qui se dégage de ces mesures est la constance du facteur de transmission du milieu le long de tout le domaine spectral exploré.

Toutefois, les mesures effectuées avec les longueurs d'onde de référence ont révélé une instabilité appréciable au cours de chaque série de mesures, durant une vingtaine de minutes, qui se traduit par des variations d'au moins 10 % du facteur de transmission. Il a donc été nécessaire pour interpréter les résultats, d'effectuer une moyenne sur l'ensemble des mesures correpondant à chaque longueur d'onde représentée par les graphiques (*fig.* 1, radiations visibles) et (*fig.* 2, radiations infrarouges) en densités optiques.

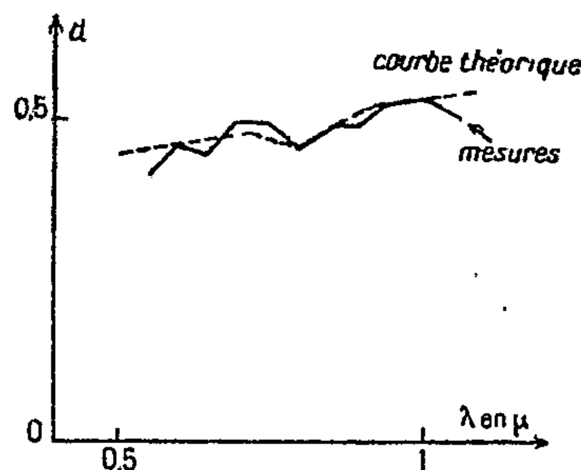


Fig. 1.

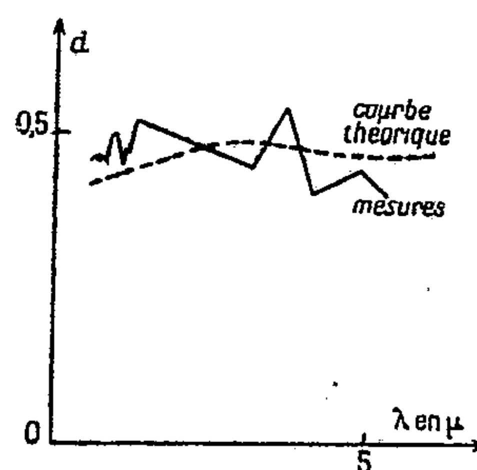


Fig. 2.

La théorie de Stratton et Houghton (³) permet d'évaluer, pour une longueur d'onde donnée, le coefficient d'absorption d'un brouillard de gouttelettes homogènes de rayon déterminé. Connaissant la répartition statistique des dimensions des gouttelettes, nous avons évalué les variations relatives de ce coefficient (⁴), ou, ce qui revient au même, de la densité optique, en fonction de la longueur d'onde pour le milieu étudié (le calcul des valeurs absolues nécessiterait la détermination expérimentale du nombre total de gouttes par

(²) Brun, Demon et Vasseur, *La Recherche aéronautique*, 1, 1948, p. 15.
(³) *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 159.
(⁴) Bricard, *La Recherche aéronautique* 11, 1949, p. 19.

unité de volume, qui n'a pas été faite ici). Ces variations sont représentées en traits pointillés sur les figures 1 et 2; elles sont très différentes de celles qui correspondraient à un brouillard dont toutes les gouttelettes auraient des dimensions identiques. On voit que les valeurs expérimentales se placent au voisinage des valeurs théoriques que nous avons calculées ci-dessus, les écarts qui se manifestent dans la partie infrarouge du spectre étant imputables à l'imprécision des mesures. Ces résultats peuvent donc être considérés comme une vérification de la théorie de Stratton et Houghton, dans le spectre infrarouge, vérification qui, d'ailleurs, a déjà été effectuée dans le spectre visible avec plus de précision par l'un de nous (2). Nous nous proposons d'appliquer la même méthode dans la Nature, et de compléter ainsi les résultats obtenus précédemment par Arnulf et Bayle (5).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le métabolisme des fruits de Tomate et son altération sous l'effet des blessures*. Note de MM. **Roger Ulrich** et **Jean Renac**, présentée par M. Raoul Combes.

Les observations faites à notre laboratoire sur la respiration des fruits de Tomate sains ou blessés (1) ont été accompagnées de mesures relatives à la teneur en glucides solubles, en composés pectiques et à l'acidité fixe titrable.

Les teneurs en glucides et l'acidité ont été mesurées sur la solution obtenue en reprenant par l'eau les constituants des fruits solubles dans l'alcool. Les teneurs en composés pectiques ont été déterminées par la méthode de Carré et Haynes légèrement modifiée, appliquée aux liquides fournis soit par cinq extractions d'une heure à l'eau froide (pectines solubles), soit par quatre extractions à l'acide chlorhydrique N/75 (composés pectiques totaux); les résultats des mesures ont été exprimés en milligrammes de pectate de calcium.

Les divers lots de fruits ont été constitués de la même manière que dans notre étude sur la respiration (2).

Les résultats des dosages sont groupés dans les deux tableaux ci-après; ils ont été rapportés à 10 fruits privés de calice; les teneurs en eau ont trop varié dans le cas des fruits blessés pour que le poids frais puisse servir de référence.

L'examen de ces tableaux apporte quelques données sur le métabolisme normal des fruits de Tomate et sur la façon dont il est affecté par les blessures.

---

(5) *La Revue d'Optique*, **28**, 1949, p. 691.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 459.

(2) Les lettres (*a*), (*c*), (*d*) et les chiffres I, II, III, IV désignent des lots de fruits et des stades du développement décrits dans la Note précédente (*loc. cit.*).

Glucides (en grammes) et *acidité* (en milliéquivalents).

(Gl. : glucose ; Lev. : lévulose ; Sacc. : saccharose ; Tot. : glucides solubles totaux ; Ac. : acidité fixe titrable).

Stades du développement à l'origine	Témoins initiaux (*a*) [1].					Fruits blessés (*c*).					Témoins finaux (*d*).				
	Gl.	Lev.	Sacc.	Tot.	Ac.	Gl.	Lev.	Sacc.	Tot.	Ac.	Gl.	Lev.	Sacc.	Tot.	Ac.
I......	0,2	0,2	0,2	0,6	3,0	0,5	0,5	0,3	1,3	4,5	0,6	0,4	0,3	1,3	6,5
II......	1,0	0,5	0,2	1,6	8,4	1,3	1,4	0,6	3,4	5,1	1,4	1,7	0,8	4	6,2
III.....	1,4	1,1	0,6	3,1	7,9	1,5	1,6	0,6	3,7	2,5	1,5	1,8	0,5	3,9	6,0
IV.....	1,1	1,1	0,7	3,0	4,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Composés pectiques.

		Témoins initiaux (*a*).		Fruits blessés (*c*).		Témoins finaux (*d*).	
		Pect. sol.	Pect. tot.	Pect. sol.	Pect. tot.	Pect. sol.	Pect. tot.
Septembre	I........	52 mg	205 mg	20 mg (?)	326 mg	80-90 (?)	320 mg
	II.......	80	347 (max)	135	260	125	266
	III......	90	273	163	210	120	330
	IV......	130	190	–	–	–	–
Octobre	I........	30	177	50	140	46	181
	II.......	50	333 (max)	127	155	108	277

Le développement des baies pendant la période étudiée est marqué par un enrichissement en sucres (glucose, lévulose, saccharose) jusqu'à l'approche de la maturité complète.

Les acides fixes s'accumulent jusqu'à la fin de la période de croissance pour décroître ensuite progressivement.

Enfin, la richesse en pectines croît d'une façon continue tandis que les composés pectiques totaux passent par un maximum à la fin de la période de croissance (stade II à III); on notera combien les fruits récoltés en octobre sont pauvres en pectine par rapport à ceux de septembre.

Les blessures affectent peu le métabolisme des sucres; les teneurs des fruits blessés sont le plus souvent intermédiaires entre celles des deux lots témoins. Le traumatisme a donc seulement ralenti l'accumulation glucidique [3]. Au sujet de l'évolution pectique, les valeurs relatives aux fruits blessés (II et III) sont remarquablement faibles quant aux composés pectiques totaux, et fortes en ce qui concerne les pectines : tout se passe donc à ce point de vue comme si la blessure activait la maturation. Enfin, l'effet de la blessure paraît être d'accélérer la diminution des acides fixes qui caractérise la maturation normale.

On affirme couramment que les blessures accélèrent la maturation des fruits. Dans le cas des tomates étudiées ici, c'est bien la conclusion à laquelle

---

(3) Ce résultat confirme ceux que nous avons antérieurement publiés au sujet des gousses de Pois (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, 90, 1943, p. 64).

on arrive si l'on tient compte seulement de la teinte foncée des fruits et de l'évolution de l'acidité et des composés pectiques; il faut pourtant ajouter à l'encontre de cette interprétation que les blessures gênent légèrement l'enrichissement normal des fruits en sucres.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la fécondation et du développement syncytial du proembryon chez* Ginkgo biloba. Note de M. **Michel Favre-Duchartre**, présentée par M. Raoul Combes.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons suivi l'évolution caryologique pendant la gamétogenèse ♂ et ♀ chez *Ginkgo biloba*. Nous allons maintenant décrire la fusion des gamètes et les premiers stades du développement du sporophyte ([2]).

Le spermatozoïde pénètre tout entier dans l'oosphère : son mastigosome spiralé reste discernable dans le cytoplasme périphérique, tandis que son noyau, totalement Feulgen-négatif, va s'accoler à celui de l'oosphère. Puis le *pronucleus* ♂ pénètre progressivement dans le *pronucleus* ♀ (environ dix fois plus volumineux que lui) en y faisant une poche. A ce moment, les filaments chromonématiques ♀, Feulgen-positifs dès l'origine, occupent la partie opposée au point de pénétration du *pronucleus* ♂. Pendant la caryogamie, c'est-à-dire pendant la disparition de la membrane limitant le noyau ♂, les filaments chromonématiques de ce dernier deviennent graduellement Feulgen-positifs. Donc, dans le noyau de fusion, contrairement aux déclarations de Shimamura ([3]), les filaments chromonématiques ♂ et ♀ donnent la réaction nucléale. Ces filaments vont peu à peu se respiraliser pour former les chromosomes prophasiques. Dès ce stade, les deux stocks chromosomiques se trouvent mêlés et vont subir ensemble la première mitose diploïde : il se forme un fuseau, dont l'orientation ne paraît pas définie, aux deux pôles duquel se constituent, à la télophase, les deux premiers noyaux du proembryon.

Les dimensions de ces deux premiers noyaux passent, à l'interphase, de $20^{\mu} \times 30^{\mu}$ à $80^{\mu} \times 80^{\mu}$. Pendant cette dilatation, les filaments chromonématiques, constamment colorés par le Feulgen, remplissent toute la cavité nucléaire, en devenant corrélativement de plus en plus ténus (déspiralisés). Puis les deux noyaux se divisent simultanément; la prophase est marquée par l'épaississement et le raccourcissement des chromonémas et leur rassemblement progressif dans une région de plus en plus réduite du noyau ($20^{\mu} \times 20^{\mu}$ dans un nucléoplasme atteignant $100^{\mu} \times 60^{\mu}$). Il est vraisemblable de penser que ce sont de telles

---

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 404.

([2]) Strasburger, Hirase, Ikeno et Hertzfeld ont établi que, chez *Ginkgo*, l'embryogenèse débute par un stade syncytial où le nombre des noyaux augmente en progression géométrique de raison 2 jusqu'à 256; après quoi, le proembryon passe d'emblée à l'état cellulaire.

images que Shimamura ([3]) a interprétées comme des noyaux interphasiques contenant deux sortes de chromatine, l'une Feulgen-positive, constituée en réalité par des filaments chromonématiques rassemblés, l'autre Feulgen-négative, correspondant au nucléoplasme. Les quatre noyaux formés par l'achèvement des deux premières mitoses, se comportent d'une manière analogue à celle de leurs parents; il en est de même pour les 8, 16, 32, 64, 128 et 256 noyaux des générations suivantes, mais l'augmentation interphasique du volume nucléaire est d'autant moins accentuée que le nombre des noyaux est plus grand; en même temps, les processus de déspiralisation des chromonémas pendant l'interphase s'atténuent progressivement.

D'autre part, dans le cytoplasme, on observe parfois, après coloration par le vert-lumière, entre les 2, 4, 8, 16, 32 et 64 premiers noyaux interphasiques, des formations résiduelles d'origine fusoriale. Ces restes fusoriaux, qui ressemblent à des phragmoplastes, n'élaborent pas de cloisons, mais divisent transitoirement le proembryon en autant d'alvéoles qu'il y a de noyaux et ne sont pas conservés d'un stade à l'autre. Ces formations passagères sont décelables dans environ 20 % des cas entre les 2, 4 et 8 premiers noyaux, et cette proportion semble croître pour les embryons plus âgés : mais contrairement à ce que l'on pouvait attendre, nous ne les avons pas observées dans les proembryons plus âgés (128 et 256 noyaux) qui sont pourtant plus proches de l'état cellulaire.

PÉDOLOGIE. — *Sur la préparation et les propriétés de quelques complexes colloïdaux protégés par des molécules neutres.* Note de M. **Étienne-Marcel Bastisse** présentée par M. Raoul Combes.

Nous avons été amené précédemment ([1]) à préparer et à étudier les propriétés de complexes colloïdaux constitués par un hydrate d'oxyde métallique stabilisé par la silice.

Il nous a été possible ensuite de montrer que l'on pouvait obtenir des composés de ce type en partant de nombreux cations et en utilisant pour stabiliser chacun d'entre eux des anions minéraux ou organiques très variés. Les conditions nécessaires à l'existence de ces complexes paraissent donc extrêmement générales et se résument ainsi :

Le cation doit donner un hydroxyde peu soluble et l'anion protecteur doit présenter, soit plusieurs fonctions acides, soit au moins une fonction acide et une fonction alcool. Dans tous les cas la propriété principale qui caractérise ces complexes est que le métal migre vers l'anode au cours de l'électrophorèse.

([3]) *Cytologia,* 6, 1934-1935, p. 465-474.

([1]) *Comptes rendus*; **215**, 1942, p. 188; **219**, 1944, p. 293; **224**, 1947, p. 212; **229**, 1949, p. 521.

Leur caractère colloïdal n'est pas toujours apparent, car ils fournissent très souvent, surtout quand ils sont fraîchement préparés, des solutions limpides.

Cependant leur comportement physico-chimique vis-à-vis des électrolytes introduits dans la solution et la composition variable des floculats montrent que, même dans ce cas, nous avons affaire à un colloïde et non à un cristalloïde vrai.

La possibilité de stabiliser les hydroxydes par des acides-alcools conduit à penser que l'acide peut se fixer sur l'hydroxyde par sa fonction alcool et lui permettre de jouer ainsi son rôle protecteur. Si la fixation de l'anion s'effectuait par la fonction acide, on concevrait difficilement que le complexe résultant conserve la possibilité de se déplacer dans le champ éléctrique.

Ce fait nous conduit à supposer l'existence de complexes stabilisés par des molécules neutres, Pour vérifier cette idée nous avons employé comme cation le fer parce qu'il était facile, du fait de la coloration intense de cet élément vis-à-vis de certains réactifs chimiques, de suivre son comportement à l'état complexe. Les agents complexants utilisés ont été : la glycérine, le glucose, le saccharose, la dextrine, l'amidon, la gomme Sénégal, la gomme adragante.

Les conditions générales de préparation sont les suivantes : Une solution d'un sel ferrique est diluée avec de l'eau distillée jusqu'à concentration de 100^{mg} de fer par litre. Pour éviter une évolution prématurée du cation, on ajoute une trace d'acide. La solution est alors mélangée avec la quantité nécessaire d'agent complexant de manière à obtenir le rapport pondéral, Protecteur/Métal, suffisant pour le résultat cherché : sa valeur varie de 10 à 50 selon l'agent complexant employé. On amène ensuite le pH vers la neutralité à l'aide d'ammoniaque étendue.

Alors que dans ces conditions la solution de sel ferrique donne un précipité rouille, les complexes eux restent stables. De pareilles solutions sont évidemment inertes dans le champ électrique.

Afin d'établir le caractère colloïdal de ces solutions, nous avons examiné la façon dont elles dialysaient en comparant leur comportement avec celui du complexe ferri-silicique dont la nature colloïdale a été établie précédemment.

Le résultat fut que tous ces complexes ont dialysé à travers la membrane, du moins quand l'agent complexant était lui-même susceptible de dialyser. Cette expérience montre seulement que ce sont des colloïdes à très fines micelles puisque des substances complexantes colloïdales comme l'amidon soluble ont pu elles aussi dialyser.

En vue d'établir la nature colloïdale de ces complexes, nous avons essayé de les faire floculer. En ajoutant aux suspensions stabilisées par la glycérine et le glucose, du chlorure de calcium de manière à avoir une concentration finale de 50 m-éq/l, nous avons obtenu un floculat gélatineux de teinte jaune rouille constitué par de l'oxyde de fer ayant entraîné une partie de l'agent complexant. Il est vraisemblable que ce résultat n'a été réalisé qu'à la

suite d'une semi-dislocation du complexe par l'action de l'électrolyte. Dans le cas où le fer était protégé par la gomme Sénégal, de l'amidon, du saccharose, la floculation n'a pas été obtenue avec le chlorure de calcium même à concentration finale de 1 éq/l, mais avec addition d'alcool à concentration finale de 50 %. Dans ce cas la totalité du fer et du complexant se trouve entraînée dans le floculat. Ainsi il semble bien que dans tous les cas on puisse considérer que les produits préparés soient à l'état de solution colloïdale.

L'existence de ces complexes organiques gêne considérablement le dosage de l'ion ferrique, car il est très difficile de libérer totalement cet élément du complexe où il est engagé.

D'autre part, le fait que l'on puisse doser dans les eaux de drainage des sols des quantités notables de matières organiques diverses, nous permet de supposer que celles-ci jouent, à côté de la silice, un rôle de vecteur vis-à-vis de l'évolution du fer, ferrique ou ferreux, présent dans les sols. Il est vraisemblable que cette conclusion puisse être étendue à d'autres métaux.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'inactivation dans le sol des sels manganeux employés comme engrais.* Note de MM. **Serge Trocmé** et **Georges Barbier**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une Note récente [1] nous avons montré que la chlorose des légumes cultivés sur les terrains d'épandage du Nord-Ouest de Paris peut être rapidement guérie par pulvérisation d'une solution de sulfate manganeux sur leurs feuilles. Au contraire, l'enfouissement en terre du même sel, ou de carbonate manganeux (solubilité aqueuse = 4^{mg} Mn par litre environ) n'a déterminé aucun reverdissement; les plantes n'ont pas absorbé, ou à peine, le manganèse de SO_4Mn, même lorsqu'il fut enterré immédiatement avant les semis :

	Pois.		Épinards.		Poireaux.		
Kg Mn^{++} appliqués par hectare dans le sol ou sur feuilles....	0 –	50 sol	0 –	8 feuilles	0 –	180 sol	8 feuilles
Mn par million de matière sèche des plantes..................	17,5	20	13	340	14	15	275

Au laboratoire, ces sols, maintenus à une humidité de 20 % et à une température de 20°, en présence de l'air, fixent rapidement et totalement Mn de SO_4Mn incorporé, sous une forme non échangeable (non extractible par percolation de 25^g de terre au moyen de 330^{cm^3} de solution normale neutre d'acétate d'ammonium).

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 465.

Par million de terre	Terre d'Achères (épinards) chlorosante.		Terre d'Achères (épinards) non chlorosante.		Terre d'Achères (haricots) chlorosante.		Terre d'Achères (haricots) non chlorosante.	
Mn^{++} incorporé	0	49	0	49	0	49	0	49
Mn échangeable après 8 jours	0,9	1,1	1,2	1,8	0,9	1,7	0,9	1,0
» » 35 jours	0,8	0,95	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9

Or, en présence d'azide (qui inhibe certains transporteurs biologiques d'oxygène), ajouté à raison de $3^{mg},5$ par 100^{g} de terre, une fraction importante de Mn^{++} incorporé à ces sols demeure sous forme échangeable; parallèlement, la fraction qui ne peut être extraite qu'avec l'aide d'un réducteur (fraction oxydée) diminue :

Mn *récupéré, de* 98 Mn^{++} *incorporé, par million de terre.*

Résultats après 7 jours d'incubation avec ou sans azide.	Terre d'Achères chlorosante (Mn total : 100) avec	sans	Terre d'Achères non chlorosante (Mn total : 202) avec	sans	Sous-sol de limon (Mn total : 610) avec	sans
Mn^{++} échangeable	54	1.0	69	1.3	43	43
Mn réductible (*a*)	24	72	30	102	61	63

(*a*) extractible par la solution d'acétate d'ammonium contenant 0,2 % d'hydroquinone, déduction faite de Mn échangeable ([2]).

Le toluène a donné des résultats de même sens. En outre, l'addition de délayure de terre aux sols d'Achères préalablement stérilisés à l'autoclave a nettement aggravé la fixation de Mn^{++} sous forme non échangeable.

Ces faits confirment que l'oxydation biologique de M^{++} joue un rôle important dans son immobilisation. Cependant, même en présence d'azide, une fraction non négligeable (24-31 %) de Mn^{++} incorporé aux sols d'Achères a été oxydée. Cette fraction atteint 60 % environ dans un sous-sol de limon ferrugineux, où l'oxydation biologique paraît très réduite, puisque l'azide n'agit pas (*voir* tableau). Ces derniers faits suggèrent la possibilité d'une oxydation non biologique de Mn^{++}. Mais nous n'avons pas constaté que celle-ci puisse se produire, même à pH 8.0, dans une argile pure (une kaolinite blanche), ni dans un calcaire pur : la majeure partie de Mn^{++} adsorbé ou retenu par ces substances est demeurée après un mois extractible par une solution de nitrate de calcium ou d'acétate d'ammonium (70-80 %, qui ne représentent d'ailleurs pas une limite). Dans le cas du calcaire, nous avons vérifié que Mn demeure entièrement à l'état bivalent.

Quant aux acides humiques, qui entravent la mobilisation de Mn préexistant dans le sol (*voir* notre Note antérieure), ils ne paraissent pas jouer un rôle

([2]) Sherman, Mc Hargue et Hodgkiss, *Soil Sci.*, 54, 1942, p. 253-257.

important dans l'insolubilisation de Mn^{++} incorporé après leur dépôt. Mn^{++} adsorbé par un humate calcique de tourbe demeure facilement échangeable, même après dessiccation. Bien plus, l'enrichissement d'un sol en acides humiques peut favoriser le maintien à l'état échangeable de Mn^{++} incorporé ultérieurement :

Sous-sol de limon, ayant adsorbé des acides humiques de tourbe, puis 312 Mn^{++} *par million. Durée de contact :* 1 *mois.*

	Sans dessiccation.			Après dessiccation.		
Acides humiques pour-cent.	0	0,5	2	0	0,5	2
Mn^{++} échangeable..............	31	34	98	82	88	168

Conclusion. — L'inactivation des sels manganeux incorporés dans les sols étudiés est liée à leur oxydation, sous l'influence de catalyseurs biologiques notamment. Le blocage de cations Mn^{++}, comme conséquence par exemple d'une adsorption irréversible par des argiles ou des humates, ne joue à cet égard qu'un rôle secondaire.

PHYSIOLOGIE. — *Transformations de l'anhydrase-carbonique par dilution. Conséquences biologiques.* Note (*) de M. **Joseph Stolkowski**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

J'ai montré dans une Note précédente [1] que l'intervention de l'anhydrase-carbonique dans la formation des dépôts calcaires coquilliers chez les Mollusques permettait d'en interpréter la diversité minéralogique. Il y a notamment formation de calcite quand la diastase, libérée par les cellules sécrétrices du manteau au contact de l'eau de mer, est inhibée par le chlorure de sodium contenu dans cette eau. Cependant, le manteau d'un certain nombre de Mollusques forme de l'aragonite au contact de l'eau de mer. Cela m'a conduit à penser qu'il pouvait exister plusieurs formes d'anhydrase-carbonique, et pour résoudre ce problème, j'ai étudié le spectre d'absorption de cette diastase dans l'ultraviolet. La solution utilisée ici m'a été fournie par M. A. J. Rosenberg qui l'a préparée suivant la méthode de B. Keilin et Mann [2] jusqu'au stade (inclus) de la précipitation fractionnée par le sulfate d'ammonium. L'étude quantitative à diverses dilutions, effectuée au laboratoire de M. Marcel Chatelet, donne les résultats suivants : la solution mère, dont l'activité était de 121 u/cm³ [unités selon Mitchell [3]] possède un spectre normal de protéine. L'absorption

(*) Séance du 30 janvier 1950.

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1456.

(2) *Biochem. Jl.*, **34**, 1940, p. 1163.

(3) C. A. Mitchell, U. C. Pozzani et R. W. Fessenden, *J. Biol. Chem.*, **160**, 1945, p. 283.

commence vers 3000 Å et devient pratiquement totale vers 2400 Å, la courbe des intensités en fonction des longueurs d'onde présentant un maximum vers 2750 Å. Mais les solutions diluées, bien qu'elles absorbent l'ultraviolet dans les mêmes intervalles, n'ont pas le même aspect, ni le même coefficient d'absorption K. La loi de de Beer n'est pas respectée (*fig.* 1). D'une manière générale, K augmente avec la dilution (*fig.* 2). De même le coefficient d'absorption croît avec le temps dans les solutions abandonnées à 12° environ. Ces solutions, on le sait, perdent spontanément leur activité.

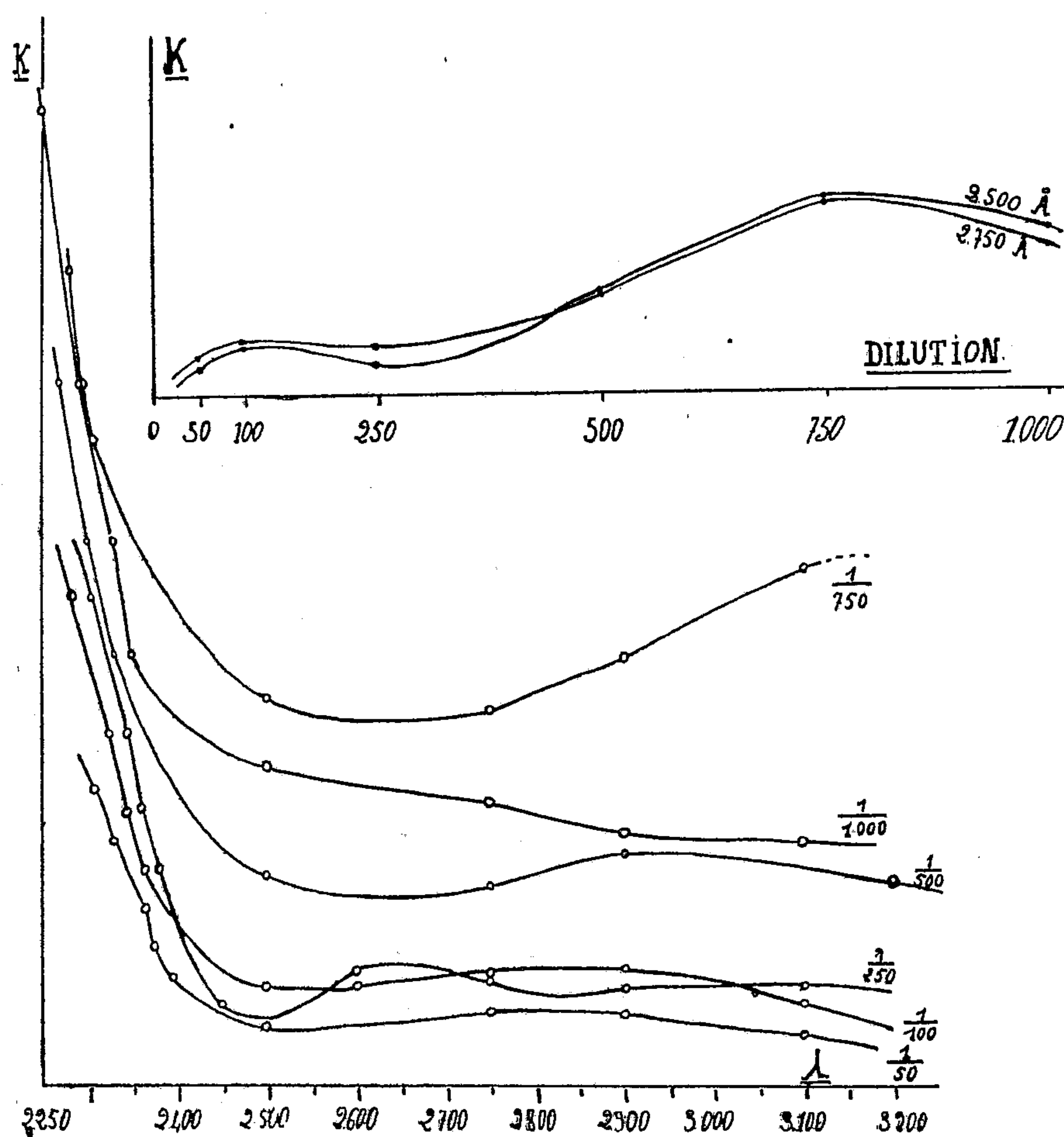


Fig. 1 et 2.

Fig. 1. — Variations du coefficient d'absorption dans l'U. V. en fonction de la longueur d'onde, aux dilutions : 1/50, 1/100, 1/250, 1/500, 1/750, 1/1000.

Fig. 2. — Variations du coefficient d'absorption K, en fonction de la dilution, pour les longueurs d'onde de 2500 et 2750 Å. (Remarquer le maximum à la dilution 1/750.)

Il serait intéressant d'étendre à toutes les diastases l'étude qui vient d'être faite. Mais quelle que soit l'interprétation que les travaux à venir permettront de donner du phénomène signalé (séparation de la protéine active et des

protéines inactives qui la couvrent, scission de la molécule diastasique, mélange de plusieurs formes d'anhydrase dont l'une prédominerait à certaines dilutions, solvatation, etc.), il reste acquis que les conditions physiques et chimiques qui règnent dans les cellules où l'anhydrase se forme, imposent dans chaque type de cellule une forme de la diastase qu'il est désormais permis de concevoir sous des aspects différents dans des cellules différentes. Cette notion doit intervenir dans l'explication du déterminisme de la formation d'aragonite dans les coquilles des Mollusques.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Action du rachitisme expérimental sur la glande sous-maxillaire du Rat albinos.* Note de Mlle **Lucie Arvy** et M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Louis Fage.

Le retentissement du rachitisme expérimental sur la glande sous-maxillaire du Rat albinos ne semble pas avoir retenu l'attention des auteurs, puisque nous n'avons trouvé, dans les publications qui nous ont été accessibles, aucun travail consacré à cette question. Il nous semble donc opportun de rapporter les constatations faites à l'autopsie de rats albinos mâles, soumis au régime rachitigène de Randoin et Lecoq (1).

Notre étude a porté sur 12 rats albinos mâles, pesant en moyenne 45^{g} au moment de la mise en expérience. Les animaux ont été maintenus au régime rachitigène pendant 100 jours. Deux d'entre eux ont reçu, 6 jours avant l'autopsie, 300 000 U. I. de vitamine D en 4 jours. Deux autres ont reçu, durant les mêmes délais, $0^{mg},5$ de thyroxine par jour, en injection sous-cutanée. Trois autres ont eu la même dose de thyroxine pendant les 7 jours qui ont précédé l'autopsie. Les glandes sous-maxillaires ont été disséquées, pesées à la balance de précision et soumises aux manipulations histologiques. L'étude quantitative a été faite suivant Causse et Lacassagne (2).

Le calcul du rapport *poids des sous-maxillaires/poids corporel* montre l'absence de différences statistiquement significatives dans les divers lots. Par contre, l'examen histologique fait apparaître une diminution notable des formations tubuleuses chez les animaux rachitiques. Le rapport *tubuli/acini* est de 0,33 chez les rats rachitisés, de 0,40 chez les rachitisés traités par de la thyroxine, de 0,67 chez des témoins nés le même jour que les sujets mis en expérience. L'administration de vitamine D ou de thyroxine pendant quatre jours ne modifie pas sensiblement le rapport *tubuli/acini* chez les animaux rachitiques.

Ces variations du rapport *tubuli/acini* vont de pair avec des modifications du diamètre moyen des tubuli. Ce diamètre moyen est de $39^{\mu},4$ chez les rachitiques, de $46^{\mu},6$ chez les rachitiques traités par de la thyroxine pendant sept jours, de $46^{\mu},7$ chez les témoins :

---

(1) *Comptes rendus*, 97, 1927, p. 1277.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 136, 1942, p. 413.

Les techniques mitochondriales montrent que les cellules du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire des rats rachitiques sont très pauvres en granulations fuchsinophiles. Chez les témoins ces granulations sont, par contre, très abondantes. Chez les animaux ayant reçu de la thyroxine, la plupart des cellules des *tubuli* contiennent un nombre appréciable de grains fuchsinophiles apicaux.

On sait, depuis les recherches de Lacassagne (³), que la morphologie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire de la Souris est soumise à un déterminisme endocrinien. Aussi avons-nous recherché les traductions morphologiques d'une modification fonctionnelle des glandes endocrines chez nos animaux. L'examen de l'appareil génital ne montre, chez les rachitiques, aucune modification significative par rapport aux témoins. On sait, d'ailleurs que la glande sous-maxillaire ne présente chez le Rat aucun dimorphisme sexuel net. Par contre, la thyroïde de tous les animaux rachitiques présente l'image de mise au repos déjà signalée par l'un de nous Arvy (⁴) et il nous paraît légitime d'attribuer l'atrophie du segment granuleux de la sous-maxillaire du Rat à une diminution du fonctionnement thyroïdien. Cette interprétation est en accord avec d'autres observations. C'est ainsi que l'on a décrit une atrophie du segment tubuleux de la sous-maxillaire du Rat après thyroïdectomie, Leblond et Grad (⁵); après administration de thiourée Arvy, Debray et Gabe (⁶); après administration de catéchine, Gabe (⁷). D'autre part, l'administration de thyroxine à des animaux rachitiques détermine le retour à la normale du diamètre moyen des *tubuli* et une augmentation très nette du rapport *tubuli/acini*, ce qui prouve le bien-fondé de notre manière de voir.

Conclusion. — Le régime rachitigène de Randoin et Lecoq détermine, chez le Rat albinos, une atrophie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire. Cette atrophie diminue après administration de thyroxine, ce qui constitue un nouvel argument en faveur du déterminisme thyroïdien de la morphologie de la glande sous-maxillaire chez le Rat.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'interprétation de l'anomalie Rayleigh.* Note de M. **Aron Polack**, présentée par M. Armand de Gramont.

L'anomalie Rayleigh serait d'une interprétation facile si elle était étudiée sans parti pris.

Les personnes atteintes de cette anomalie, dit Lord Rayleigh, ne diffèrent

(³) *C. R. Soc. Biol.*, 133, 1940, p. 180.
(⁴) *Arch. Sc. physiol.*, 1, 1947, p. 135-141.
(⁵) *Anat. Rec.*, 100, 1948, p. 750.
(⁶) *C. R. Soc. Biol.* (séance du 28 janvier 1950).
(⁷) *C. R. Soc. Biol.* (séance du 28 janvier 1950).

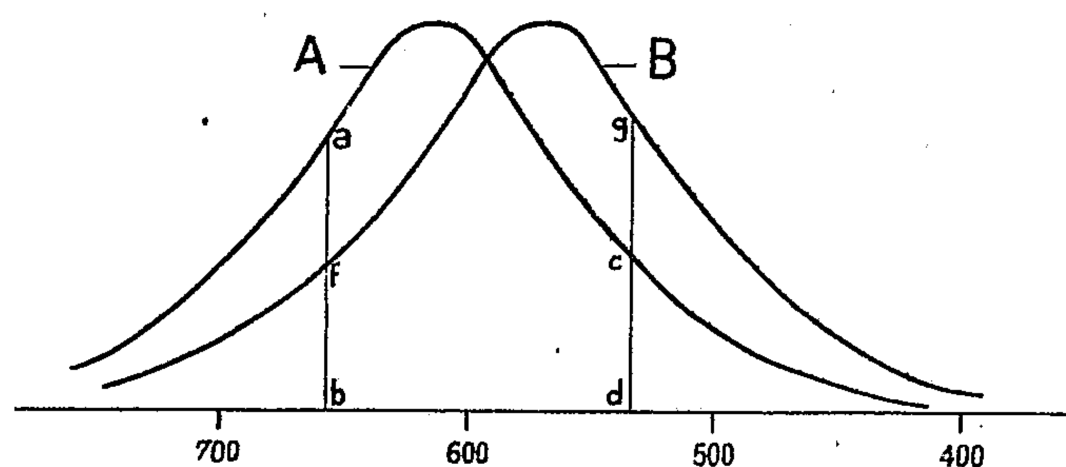
de la majorité que par le rapport du vert au rouge dans leur équation de couleur, mais elles sont aussi capables qu'un observateur normal d'apprécier les petites différences de couleur.

L'examen spectral montre, en effet, que leur sensibilité aux variations de ton ne cède en rien à celle de la majorité, qu'elle est même légèrement supérieure dans l'orangé et que la zone unitonale rouge est un peu moins étendue; il y a donc intégrité complète de la capacité chromatique.

La difficulté de déchiffrer les tables de Stilling ne saurait être invoquée comme preuve du contraire, car ces tables peuvent être rendues indéchiffrables aussi pour l'œil normal, comme on s'en rend compte par l'usage de certaines planches d'Ishara ou de mon propre atlas, ce qui montre que les tables ne peuvent pas être considérées avec Donders comme pseudo isochromatiques. L'anomalie n'est donc caractérisée que par le rapport quantitatif du vert au rouge anormalement élevé dans l'équation de couleur, dite *de Rayleigh*.

Ce rapport constitue à lui seul toute l'anomalie, laquelle n'est représentée que par le type Balfour; il n'en existe pas d'autres quoi qu'en disent certains auteurs. Les recherches impartiales l'ont suffisamment démontré.

Ainsi définie et débarrassée de toutes les additions arbitraires, l'anomalie Rayleigh trouve facilement son interprétation dans la répartition de l'intensité lumineuse le long du spectre. Le maximum lumineux, au lieu de rester dans le jaune, se localise dans l'orangé et ce léger déplacement produit un changement



appréciable dans la couleur composée. En effet, par suite de ce déplacement du maximum lumineux vers les grandes longueurs d'onde, tout se passe comme si la fente rouge de l'appareil spectral envoyait sur la rétine du sujet plus de lumière et la fente verte moins de lumière que dans le cas d'un sujet normal qui cherche, par le réglage des fentes, à obtenir une équation de couleur entre le jaune simple et le jaune composé.

Il est évident que l'observateur du type Balfour ne peut accepter l'équation de couleur établie par l'œil normal, qu'il trouve le jaune composé trop rouge et qu'il est obligé pour le rendre semblable au jaune spectral d'ajouter du vert en élargissant la fente correspondante ou de retrancher du rouge, en réduisant

la largeur de l'autre fente. Dans l'un et l'autre cas le rapport du vert au rouge se trouve augmenté et la couleur composée paraît trop verte à un observateur doué d'une vision normale.

La figure ci-contre fait mieux ressortir l'effet produit par le déplacement du maximum lumineux vers les grandes longueurs d'onde. La répartition de l'intensité lumineuse dans le spectre est représentée par la courbe A dans l'anomalie Rayleigh et par la courbe B dans la vision normale. Les segments *ab* et *cd* relatifs à la courbe A expriment la grandeur de l'impression rétinienne par les radiations rouges (*ab*) et par les radiations vertes (*cd*).

fb et *gd* montrent la grandeur de ces impressions respectives dans la vision normale, *fb* pour les radiations rouges, *gd* pour les radiations vertes.

En résumé, l'anomalie Rayleigh est une anomalie du sens lumineux, sans rapport avec les anomalies du sens chromatique; la preuve peut en être faite simplement par les laines de Holmgreen ou par le classement des éléments du colortest.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'hérédité des anomalies podales chez la Souris.* Note de M. **Nicolas Kobozieff** et Mme **Nathalie Pohriaskinsky-Kobozieff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Rabaud, Bagg, Little et Mc Pheters, Bonnevie, Fortuyn, Murray et autres ont déjà signalé les anomalies podales chez la Souris, telles que polydactylie, syndactylie, hypodactylie, *amputations* et les anomalies connues sous le nom de *Souris luxées*, toutes ces affections étant tantôt récessives (récessivité souvent incomplète), tantôt d'un mode de transmission non précisé. Nous-mêmes avons vu surgir des anomalies des membres postérieurs, entre 1939 et 1941, dans un stock de souris à oreille externe tronquée. Nous avons observé trois formes d'affections podales : *pied bot*, *contracture des membres*, et *polydactylie*. Il s'agissait d'une anomalie héréditaire à phénotype variable, les sujets anormaux étant peu viables. Nous avons considéré cette mutation comme éteinte, car, depuis 1941, nous ne les avons jamais vu reparaître, malgré un *inbreeding* intense, aboutissant à la constitution de la lignée *L*.

Tout récemment, à la suite de croisements entre les lignées *L* et *P* (cette dernière n'a jamais présenté aucune mutation), nous avons vu réapparaître dans notre élevage, à quatre reprises en F_b et F_2, des anomalies congénitales qui se présentaient sous cinq formes pures ou associées : 1° *polydactylie* : six ou sept doigts; le plus souvent, c'est l'orteil ou doigt I qui se dédouble ou est triplé; 2° *syndactylie*, résultant fréquemment d'une soudure de deux doigts internes adjacents; 3° *hypodactylie*, le plus souvent l'orteil est avorté; 4° *amputation*; 5° souris atteintes de *luxation* (1), à l'examen direct, ces dernières

(1) Le terme *luxation* correspond à la seule observation directe. L'examen radiographique montre en fait qu'il s'agit d'une anomalie plus complexe.

souris ont les membres raccourcis, tordus et en abduction exagérée, de telle façon que l'animal se déplace sur les genoux, la face plantaire du pied dirigée en haut. Les radiographies nous montrent des lésions plus profondes et multiples, intéressant les trois segments du membre, surtout la jambe. Ainsi, l'épiphyse du fémur a le col allongé, le trochantère proéminent; le tibia est raccourci, aminci et tordu; de plus il n'a plus de contact normal avec le fémur. Le péroné est également malformé ou même absent. A noter que les deux formes : pied bot et contracture des membres précédemment observées font défaut.

Notre étude a porté sur 318 sujets de 68 portées, soit 4,7 petits par portée en moyenne (*voir* le tableau).

Nous constatons, dans tous les types de croisements, la présence de sujets anormaux qui sont de différentes formes. Le fait que, dans F_1 (exp. 1), nous trouvons des anormaux, plaide en faveur d'une mutation dominante; le déficit en F_1 (exp. 1), en F_b (exp. 2), en F_2 (exp. 3) et dans l'expérience 4 ($An \times An$), — respectivement 6,1, 22,2, 17,9 et 33,3 %, — suggère qu'il s'agit d'une dominance incomplète, due à la présence des *normal overlaps*. La présence dans la descendance normale F_1 de sujets *normal overlaps* est prouvée par l'augmentation du taux d'anormaux en F_b (exp. 2) par rapport à celui, recensé en F_1 (exp. 1), 22,2 % contre 6,1 % respectivement.

En ce qui concerne la distribution selon les sexes dans la descendance anormale, dans l'ensemble, les chiffres suggèrent une prédominance de l'anomalie chez les mâles 31 ♂♂ et 19 ♀♀.

Quant à la vitalité, la majorité des sujets atteints de luxation meurent avant l'âge adulte; tous ceux qui atteignent ce dernier stade sont stériles (le volume

N° d'expérience.	Génération.	Nombre de portées.	Nombre moyen de petits par portée.	Parents.	Descendants			Anormaux %.
					An.	$N \times Nor.$	Total.	
1...	F_1	17	4,8	$An \times N$	5	77	82	6,1
2...	F_b	21	4,7	$An \times F_1N$	22	77	99	22,2
3...	F_2	26	4,8	$F_1N \times F_1N$	19	106	125	17,9
4...	–	4	3	$An \times An$	4	8	12	33,3

Abréviations : *An*, souris anormales; *N*, souris normales n'ayant aucune parenté avec la souche mutante; *Nov*, sujet normal *overlaps*; F_1, F_2, première et deuxième générations; F_b, génération de croisement de retour.

des testicules est deux à trois fois plus petit que celui des sujets normaux) et présentent parfois une nette infériorité pondérale. Les autres formes sont parfaitement viables.

Du point de vue de la localisation, les anomalies affectent presque toujours les membres postérieurs (à l'exception d'un seul cas où la Souris atteinte de

luxation présentait une polydactylie du membre antérieur gauche). La luxation est toujours bilatérale. Quant aux autres formes, elles sont tantôt bilatérales, tantôt unilatérales.

Nous supposons que cette anomalie, à phénotype variable, apparue de nouveau, provient de la lignée *L*, parce que c'est elle qui nous a fourni précédemment des malformations podales. Par suite, croyons-nous, des croisemements consanguins pratiqués à l'intérieur de cette lignée, cette anomalie a disparu en passant à l'état de *normal overlaping*. En d'autres termes, un certain nombre de sujets d'apparence normale mais en réalité *normal overlaps* (phénotypiquement normaux mais génotypiquement anormaux), se perpétuaient sans extérioriser l'anomalie en question.

Nous estimons que les progéniteurs normaux de la lignée *P*, par croisement avec ces sujets *normal overlaps* de la lignée *L*, ont favorisé l'extériorisation de l'anomalie en F_b et F_2 et, en outre, ont apporté la vigueur et ont permis en outre l'apparition des formes plus graves comme la *luxation*. Les causes de la disparition des sujets pied bot et atteints de contracture et l'apparition d'individus atteints de luxation nous échappent pour le moment.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la caséine et du phosphocaséinate de calcium sur la durée de coagulation du lait par la présure*. Note de MM. **René Chevalier, Germain Mocquot, Charles Alais** et M[me] **Marcelle Bonnat**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Koestler (¹) a montré qu'il existait deux types de lait de Vache coagulant mal par la présure. Le premier est sécrété par des animaux atteints de mammite, le second, dont le pH et la composition chimique sont normaux, par des vaches à mamelle saine.

L'examen du lait de 450 vaches de race Pie rouge nous a permis de trouver 8 animaux dont le lait ne coagulait pas par la présure en 3 heures à 35°, alors que la coagulation d'un lait *moyen* était dans les mêmes conditions obtenue en 15-20 minutes. Dans ce groupe de 8 vaches, 3 produisaient un lait de mammite (une infection à streptocoques, deux infections à staphylocoques.) Les 5 autres avaient une mamelle saine (pH du lait et taux des chlorures normaux). C'est le lait de 3 de ces derniers animaux que nous avons utilisé. Nous avons pris comme terme de comparaison soit un lait de mélange de 200 vaches, soit le lait à coagulation rapide (8 à 10 minutes) de certains animaux (10 % de l'effectif du troupeau).

Le but de notre travail était de déterminer le rôle de divers constituants du lait dans l'aptitude de ce dernier à coaguler par la présure : nous nous propo-

(¹) *J. Dairy Sc.*, 8, 1925, p. 28 et *Landw. Jb. Schweiz*, 40, 1926, p. 290-417.

sions de séparer le rôle du lactosérum du rôle joué par la caséine et par le phosphore minéral et le calcium associés à cette dernière. Dans cette Note, nous indiquons les résultats qui montrent l'influence de la caséine et du phosphocaséinate de calcium.

Le lait trait à l'étable avec propreté, était aussitôt écrémé puis refroidi et maintenu à $+4^{\circ}$ durant le temps nécessaire au transport et aux essais (moins de 18 heures). Nous avons vérifié que la population microbienne peu nombreuse reste stable.

Nous avons préparé, selon Warner ([2]), la caséine d'un lait de coagulation normale et la caséine d'un lait lent. Puis nous avons reconstitué à partir de chaque caséine un lait artificiel, suivant le procédé de Ch. Porcher ([3]). Le lait artificiel obtenu avec la caséine *normale* coagule facilement sous l'action de la présure, alors que celui obtenu avec la caséine *lente* coagule beaucoup plus mal ou pas du tout.

Il semblerait donc que la molécule de caséine elle-même soit en cause.

On peut reprocher toutefois à de tels laits artificiels d'être bien éloignés du lait primitif. Aussi avons-nous fait appel à une technique introduisant des changements moins profonds parmi les divers constituants du lait. La supercentrifugeuse Sharples permet de séparer dans un bol clos, après une heure de centrifugation à 30 000 t/min, le phosphocaséinate, déposé sur les parois du bol, du lactosérum presque limpide occupant la partie centrale. Il est alors possible de *reconstituer* un lait artificiel en plaçant dans un mélangeur tournant à 12 000 t/min du phosphocaséinate et du lactosérum provenant d'un même lait ou de laits différents.

Nous avons étudié l'influence de ces manipulations sur la durée de coagulation par la présure : après centrifugation, le phosphocaséinate et le lactosérum provenant d'un même lait ont été *reconstitués* dans le mélangeur et le produit obtenu soumis à l'action de la présure dans les mêmes conditions que le lait primitif. On constate que la durée de coagulation du lait *reconstitué* est voisine de celle du lait primitif : elle est souvent un peu plus longue, de 10 à 20 % en moyenne, mais cette différence est peu importante si on la compare à celles qui séparent les durées de coagulation du lait de mélange (supposée égale à 100), des laits rapides (50 à 60) et des laits lents (900 et plus).

Dans une deuxième série d'essais, nous avons recueilli séparément le sédiment et le sérum de chacune des sortes de lait en prenant la précaution de laver le sédiment à l'eau bidistillée pour en éliminer le sérum. Nous avons alors *reconstitué* les deux sédiments, rapide et lent, dans le même sérum : celui du lait de mélange.

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 1725.

([3]) *Le lait au point de vue colloïdal.*

Les durées de coagulation des divers types de lait examinés sont indiquées dans le tableau où les résultats sont exprimés en supposant la durée de coagulation du lait de mélange égale à 100.

	Laits *rapides*		Laits *lents*		Laits *reconstitués*.	
Date.	N° de la vache.	Durée de coagulation.	N° de la vache.	Durée de coagulation.	Composants du lait.	Durée de coagulation.
24 mai......	R 1	53	L 1	345	Phosphocaséinate rapide + sérum mélange	99
					Phosphocaséinate lent + sérum mélange	190
11 juillet....	R 2	52	L 2	900	Phosphocaséinate rapide + sérum mélange	76
					Phosphocaséinate lent + sérum mélange	212
15 juillet....	R 3	58	L 3	900	Phosphocaséinate rapide + sérum mélange	91
					Phosphocaséinate lent + sérum mélange	418

On voit que le résultat du lait *reconstitué* dépend de l'origine du sédiment (phosphocaséinate *lent* ou *rapide*).

Ces expériences conduisent à penser que des laits dont le comportement vis-à-vis de la présure est différent présentent une différence dans la molécule de caséine ou dans celle du complexe phosphocaséinate de calcium.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fractionnement d'hydrolysats enzymatiques de protéines*. Note de MM. **Gérard Biserte** et **Paul Boulanger**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les modalités de l'action protéinasique, spécificité, limitation, scission directe des grosses molécules en produits dialysables, confèrent une grande valeur à ce procédé d'hydrolyse, en tant que moyen d'approche de la constitution des protéines. C'est pourquoi nous avons entrepris l'étude systématique d'hydrolysats enzymatiques grâce à une combinaison de techniques permettant un fractionnement très poussé. Les opérations peuvent se schématiser de la façon suivante :

1° Le mélange de polypeptides subit tout d'abord un fractionnement de base à l'aide de *résines à échange d'ions*.

a. Un premier passage sur *Déacidite* fixe environ 32 % de l'azote polypeptidique; les 68 % qui ne sont pas retenus représentent ce que nous appelons la fraction I, à laquelle on peut joindre les eaux de lavage (fraction I *bis*). Le développement en utilisant le déplacement par l'acide acétique N/10 permet

d'obtenir les fractions I *ter*, II et II *bis*; la fraction II, dont le passage coïncide avec le front de l'acide acétique, représente à elle seule 16 % de l'azote total polypeptidique. Enfin, en dernier lieu, on utilise le déplacement par l'acide chlorhydrique N/4, on isole les groupes II *ter* et III; la fraction III, qui est déplacée au moment du passage de l'acide chlorhydrique, contient 6 % de l'azote total. La chromatographie de partage en deux dimensions après hydrolyse totale de ces polypeptides fixés sur *Déacidite* montre leur richesse considérable en acides dicarboxyliques.

b. La fraction I (68 % de l'azote total) est ensuite passée sur une colonne de résine à échange de cations (Zeo-Carb 215); 42 % de l'azote total ne sont pas adsorbés et constituent la fraction IV. La portion retenue peut être déplacée par l'ammoniaque (N/10 et N/2) et donne les fractions V et VI. Ces deux derniers groupes sont constitués par des polypeptides neutres et basiques.

2° La seconde technique mise en œuvre est l'électrophorèse sur papier [G. Biserte (1)]. La séparation est réalisée à pH 7 (tampon phosphate M/30) ou à pH 6 (tampon acétate N/10) sur des bandes de papier de 100^{cm} de longueur, sous un potentiel de 400 volts, pendant 24 à 48 heures. Les fractions II, III et IV peuvent de cette façon être scindées en 3 ou 4 sous-groupes.

Les polypeptides récupérés par élution à l'eau sont soigneusement *déminéralisés* (dessalage direct sur bande de papier ou par chromatographie).

3° Finalement, les fractions ainsi obtenues, de même que celles qui proviennent directement du passage sur résines à échange d'ions sont soumises à une chromatographie de partage séparative sur papier, le solvant étant généralement le mélange butanol-acide acétique. Un certain nombre de gouttes (10 à 20) de la solution à étudier sont déposées sur la ligne de départ du chromatogramme, l'une d'elles étant nettement isolée à l'extrémité de cette ligne. Lorsque la progression du solvant est jugée suffisante, la bande extrême est révélée et sert de guide pour le découpage des zones dans le reste du chromatogramme.

On obtient ainsi pour la fraction VI : 2 zones; pour la fraction V : 12 à 14 zones identifiables avec certitude (R_F : 0,04 à 0,84) (2); pour la fraction IV : 10 zones (dont 9, de $R_F > 0,30$, peuvent être séparées); pour la fraction II : 8 zones; et pour l'ensemble des fractions II *bis* et II *ter* : 6 à 8 zones (également isolables grâce à leurs R_F différents); pour la fraction III : 8 zones (R_F : 0,17 à 0,82).

La constitution des polypeptides ou des groupes de polypeptides ainsi isolés est étudiée par chromatographie de partage en deux dimensions après hydrolyse totale. Nous avons pu en particulier repérer : dans la fraction V, deux

(1) *Biochim. Biophys. Acta*, 4 (sous presse).

(2) On appelle R_F, en chromatographie de partage sur papier, le rapport du déplacement du corps dissous à la distance parcourue par le front du solvant.

groupes de polypeptides dont l'un renferme une proportion considérable de leucine (P_2) et l'autre beaucoup de phénylalanine et de leucine (P_1); dans la fraction IV, on trouve des polypeptides *basiques* dont la teneur en acides diaminés est très élevée; dans la fraction III, des peptides *acides*, très riches en acides glutamique et aspartique et ne contenant pratiquement, comme autres amino-acides, que du glycocolle et de l'alanine.

Ces premiers résultats de notre méthode de fractionnement montrent combien peut être féconde son application au problème de la constitution des protéines et de l'action des protéinases.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les pigments ptériniques de l'aile et de l'œuf de* Bombyx mori *L.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **René-Guy Busnel**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons rapporté ([1]) l'existence de pigment ptérinique à fluorescence bleue dans les œufs de *B. mori* L. (Lépidoptère) que nous avons rapproché de la fluorescyanine des écailles de Carpe. Il était intéressant de rechercher si un tel pigment se retrouvait également dans l'aile du papillon, et d'une manière plus générale, d'élucider le problème de la biogenèse et du métabolisme de cette ptérine; d'autant plus que les rapports de structure et de filiation avec la riboflavine, sur lesquels nous avons déjà insisté ([2]), posaient la question de l'ordre chronologique de leur apparition.

Nous avons traité d'une part 30^{kg} d'œufs, d'autre part $9^{kg},200$ d'ailes de *Bombyx mori* (Race à aile blanche-Roustan 503 en provenance de Laragne) ([3]).

Les œufs, conservés au frigidaire, et prélevés en juin, ont été desséchés à 100°C pendant 48 heures, puis finement pulvérisés au broyeur à galets. Délipidés par extraction continue au trichloréthylène, ils ont fourni $3^{kg},450$ de résidu sec. Ce produit a été traité à deux reprises par dix fois son poids d'eau ammoniacale à 10 %, et agité pendant 24 heures. Après filtration, la solution, ramenée à pH 7,5, fut agitée par deux fois avec 300^{g} de benthonite (Clarcil de Ceca), chaque agitation durant 24 heures. Les 600^{g} de terre adsorbante, après lavage à l'acide acétique dilué, ont été soumis à deux extractions successives par $1^{l},5$ de méthanol à 55 % alcalinisé par addition de 5 % d'ammoniaque. Les filtrats réunis, distillés sous vide, ont abandonné $24^{g},2$ de résidu ptérinique brut.

Les ailes, provenant d'imagos ayant servi à la reproduction, furent desséchées à l'étuve, délipidées au trichloréthylène, et le résidu ($3^{kg},5$) pulvérisé. Un

---

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1047.

([2]) *Exposés annuels de Biochimie médicale*, 6, 1946, p. 176-224.

([3]) Cette abondante matière première, fournie par MM. Schenck, directeur de la Station séricicole d'Alès, et Roustan, Sériciculteur-graineur à Laragne, a été délipidée et extraite par M. Roustan.

traitement analogue à celui qui a été indiqué pour les œufs a donné un résidu ptérinique de 14g.

Les deux résidus ptériniques se comportent de façon très semblable, qu'ils proviennent des œufs ou des ailes du *Bombyx mori*, et nous signalons l'intérêt de cette constatation qui met pour la première fois en évidence dans des ailes de Lépidoptère Bombycide un pigment ptérinique de fluorescence bleue, facilement extractible en milieu neutre, contrairement aux ptérines classiques des Ptérides.

En fait, il s'agit d'un mélange d'au moins trois substances fluorescentes, comme le révèle la chromatographie de partage sur papier (solvant : phénol ammoniacal). Les R_F des taches correspondant aussi bien à la ptérine de fluorescence bleue typique (R_F, 0,50) qu'aux deux composés de fluorescence moins caractéristique (R_F, 0,40 et 0,85) sont identiques dans les chromatogrammes d'extraits d'aile ou d'œuf.

Il en est de même de la solubilité de ces ptérines dans les solvants hydroalcooliques ou faiblement alcalins, et de leur insolubilité dans les solvants organiques. Leurs caractères de fluorescence sont également très voisins, bien que l'on note en solution aqueuse une teinte plus violacée pour l'extrait des œufs, plus céruléenne pour l'extrait des ailes. Dans les deux cas, au delà de pH 11, la teinte vire au jaune verdâtre; en milieu très acide, elle s'estompe en prenant dans le cas de l'extrait des ailes une teinte jaune clair. Ces différences nous paraissent tenir beaucoup plus à des concentrations relatives différentes des trois constituants fluorescents qu'à une différence de nature. Le comportement chimique de ces deux groupes de ptérines vis-à-vis de leur réduction par l'hydrosulfite de sodium ou de leur oxydation par le permanganate de potassium en milieu acide est en tous points analogue.

Les quantités de ptérines ainsi extractibles varient au cours de l'évolution, depuis la ponte jusqu'à l'entrée de l'œuf en diapause, ainsi qu'au cours de l'incubation : elles décroissent progressivement, tandis qu'augmente au contraire le taux de riboflavine, de façon inversement proportionnelle de 1 à 2^{γ} à la ponte jusqu'à 30 γ/g à l'éclosion.

Ce résultat s'inscrit dans le cadre de nos constatations antérieures. Il s'oppose cependant à l'hypothèse émise par L. E. Burgess ([4]), pour qui la riboflavine serait le précurseur des ptérines, lors de l'incubation de l'œuf de *Melanoplus differentialis* (Orth.). La différence des espèces étudiées est-elle la raison de cette divergence? Il nous est difficile de prendre actuellement position sur ce point particulier. Mais toutes nos observations, tant histologiques que biochimiques, aussi bien chez les microorganismes intestinaux, qui

---

([4]) *Arch. Biochem.*, 20, 1949, p. 347-355.

utilisent les ptérines comme précurseurs de flavine (⁵), que chez les Crustacés (⁶) et les Vertébrés Pœcilothermes (⁷), ou encore celle relatée ici même au cours du développement de l'œuf du Ver à soie, témoignent en faveur d'un processus biogénétique général pour toutes les ptérines hydrosolubles du type de la fluorescyanine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'irréversibilité de certaines réactions chimiques dans les organismes : l'action dynamique spécifique.* Note de M. **Théophile Cahn**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Du point de vue de sa marche, un organisme, avec ses différentes fonctions, peut être comparé à un couplage de plusieurs machines. Le processus le plus important et le plus général qui confère aux organismes une certaine autonomie, en les soustrayant pour une grande part aux conditions variables du monde extérieur, consiste dans une production continue de chaleur et d'énergie. Lavoisier, le premier, a montré que l'on pouvait assimiler les êtres vivants à des foyers de combustion, à des machines thermiques. Rubner, un siècle plus tard, ayant mesuré la quantité d'énergie contenue dans les aliments et la quantité de chaleur émise par un animal pendant des durées longues, a pu vérifier sur un grand nombre d'animaux que, compte tenu de l'imprécision des données et de l'arbitraire qu'impliquent les calculs, dans un organisme adulte et au repos, toute l'énergie libérée par la combustion des aliments apparaît finalement sous forme de chaleur; la combustion des aliments qui sont absorbés par un être vivant fournit la quantité de chaleur juste nécessaire pour maintenir sa température interne à une valeur optimum.

A l'inverse de nos machines thermiques, les organismes se chargent de leur propre entretien et, grâce à une réparation continue de leur usure, se maintiennent en état de marche pendant des périodes assez longues; cette usure est très importante car, contrairement à nos machines, les êtres vivants sont construits avec des matériaux très labiles qui participent eux-mêmes aux combustions et qui doivent être continuellement remplacés. Le fait de pouvoir reformer et mettre en place tous les éléments qui se dégradent au cours de la participation aux combustions, de reconstituer à tout instant le matériel de combustion et les matériaux de construction, exige de la part des organismes une condition que nous ne pouvons réaliser dans nos machines : les réactions doivent pouvoir s'y faire aussi aisément dans le sens de la dégradation que dans celui de la synthèse. A moins de faire appel à une propriété particulière de la matière constituant un organisme, nous sommes amenés à le considérer, pris

(⁵) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 594.
(⁶) *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 315 et 416.
(⁷) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 163.

dans son ensemble, comme une machine thermique pouvant réutiliser pour sa propre reconstruction une grande part de l'énergie libérée au cours des réactions chimiques dont il est le siège, autrement dit comme une machine thermique réversible. La réversibilité de beaucoup de réactions fermentaires a pu être démontrée *in vitro* depuis fort longtemps; un grand nombre de travaux des dernières dizaines d'années tend à reconstituer *in vitro* des systèmes fermentaires réversibles à partir de constituants endocellaires de divers tissus.

On conçoit aisément que, dans un édifice aussi complexe qu'un organisme, la réversibilité ne puisse pas englober la totalité des réactions. L'irréversibilité de certaines réactions chimiques se révèle lorsqu'on compare chez un animal la production calorifique pendant une période d'alimentation à celle qui a lieu au cours d'un jeûne. Par des mesures précises de longue durée, Rubner a pu montrer que l'alimentation entraîne toujours une production de chaleur supplémentaire qui ne peut être utilisée par l'organisme qu'en vue du réchauffement, qui constitue donc au point de vue énergétique un déchet. Cette fraction de chaleur inutilisable pour des synthèses fut nommée par Rubner action dynamique spécifique; elle n'est pas due à l'activité de l'appareil digestif, elle a lieu très probablement au sein des tissus et ne peut être attribuée aux réactions réversibles dont ceux-ci sont le siège; elle témoigne au contraire de l'existence de processus chimiques irréversibles qui doivent garantir l'assimilation des composés alimentaires et leur permettre d'entrer dans le cycle des réactions réversibles de l'organisme. Les différences dans les valeurs de l'action dynamique spécifique (elle corresponl à 10 à 15 % de la valeur calorifique des graisses et des sucres; elle dépasse 30 % de cette valeur dans le cas des protéines) indiquent le degré de complexité des réactions nécessaires à l'intégration de l'aliment dans les fonctions tissulaires; c'est la participation obligatoire d'un plus grand nombre de fonctions qui doit être à l'origine de la valeur élevée de l'action dynamique spécifique des protéines.

La production d'une quantité de chaleur juste suffisante pour le maintien d'une température optimum et la possibilité pour l'organisme de faire varier cette production dans le sens d'une augmentation et d'une diminution, en fonction de la température de l'ensemble, font ressortir le caractère particulier des liens entre chaleur et énergie chez les êtres vivants; tout se passe en effet comme si toute chaleur ne constituait pas obligatoirement un déchet, une forme dégradée de l'énergie, mais comme si elle pouvait dans une certaine mesure entrer à un niveau donné à nouveau dans le cycle des réactions et participer pour une certaine part à leur équilibre.

A 16h15m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 FÉVRIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. Jean Lugeon, Directeur du Service Météorologique Suisse, qui assiste à la Séance.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur Denis Brocq-Rousseu,
Correspondant pour la Section d'Économie rurale,
par M. **Emmanuel Leclainche.**

Né le 17 octobre 1869, Denis Brocq-Rousseu, après de solides études secondaires, entre en 1887 à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort dont il est diplômé en 1891. Après un stage à l'École de Cavalerie de Saumur, il en sort comme vétérinaire militaire.

Dès lors, il va mettre à profit son séjour dans différentes villes de garnison pour accroître, en dehors de ses occupations strictement professionnelles, ses connaissances scientifiques.

C'est ainsi que, nommé à Paris en 1900, il étudie en Sorbonne les Sciences naturelles. Puis dans un premier travail original, il fait connaître ses recherches sur les altérations des avoines et des fourrages moisis, et il envisage une méthode de traitement de ces altérations. Le développement de cette question fit l'objet d'une thèse de Doctorat ès sciences naturelles qu'il soutint en 1907.

Envoyé en garnison à Nancy en 1906, il fréquenta tout de suite et jusqu'en 1913, le laboratoire du Professeur de Botanique, M. Gain. En collaboration avec ce dernier, il fit des travaux de physiologie et de pathologie végétales et avec lui il publia un Traité des Foins et un livre sur les Ennemis de l'Avoine, deux ouvrages précieux pour les vétérinaires et pour les agronomes. Dans ce même laboratoire il guide les travaux des élèves qui préparaient des thèses, étudiant en particulier avec Stoikowitch les altérations des pruneaux de Serbie, avec Apsit, les propriétés du gluten. En outre, il participa grandement à la création de collections de Pathologie végétale.

Brocq-Rousseu revient à Paris en 1913 à l'École de Guerre. En 1914, il est affecté au Quartier Général de la 5e Armée et en 1917 à l'Armée

Américaine, d'abord à l'École de Fontainebleau puis à celle de Saumur, et enfin il est nommé chef de la Mission Vétérinaire de liaison Franco-Américaine. En cette qualité il eut à faire appliquer les principes d'hygiène, les techniques de diagnostic de maladies microbiennes chez le Cheval, par exemple la malléination destinée à déceler la morve.

Quittant ces dernières fonctions en 1918, il est affecté à un Centre de Recherches fonctionnant à Alfort. Il y travaille en liaison avec l'Institut Pasteur, étudiant notamment, en collaboration avec M. Gabriel Bertrand, l'utilisation de la chloropicrine aux œuvres de paix. La destruction du rat et de sa puce, des punaises, du charançon, le traitement de la gale par la chloropicrine firent l'objet de nombreux essais et purent bientôt entrer dans la pratique.

Un laboratoire de recherches vétérinaires de l'Armée ayant été créé à Paris, en 1919, Brocq-Rousseu en prend la direction qu'il gardera jusqu'en 1927. Durant cette période il entreprit avec ses collaborateurs Urbain, Forgeot et Barotte une longue série de travaux sur le streptocoque de la gourme du Cheval, sur les germes paratyphiques, sur les teignes, etc. Avec Matruchot, il découvrit la forme conidienne du germe de la lymphangite épizootique.

D'un autre côté, avec M. Louis Lapicque, il montra que l'on pouvait faire entrer les Algues marines dans la nourriture des chevaux de l'Armée. A l'aide d'une méthode expérimentale permettant de maintenir des animaux en équilibre de poids avec un travail et une nourriture donnés, il fut prouvé que l'avoine peut être remplacée en totalité par des Laminaires riches en sucre.

Il détermina aussi les équivalents vis-à-vis de l'avoine, de nombreux aliments mélassés ou non.

En 1927, Brocq-Rousseu demanda sa retraite qu'il prit avec le grade de vétérinaire-général.

Cependant il ne cessa point, bien au contraire, de fréquenter les laboratoires et les bibliothèques et il se mit à écrire d'importants ouvrages : un Traité du sérum normal (avec Gaston Roussel) en trois volumes, le premier consacré aux propriétés physico-chimiques, le deuxième aux propriétés physiologiques, le troisième aux propriétés diastasiques du sérum. Ce dernier volume a paru tout récemment. Avec René Fabre il a publié un livre sur les toxines végétales. Dans celui-ci qui a vu le jour il y a deux ans, sont étudiés les poisons des végétaux avec le détail que comporte leur rôle dans les empoisonnements de l'Homme et des animaux; sont examinés également les pollens avec tout le développement que mérite leur action dans cet état pathologique connu chez l'Homme sous le nom de *rhume des foins*. Les champignons supérieurs toxiques font l'objet d'un chapitre spécial ainsi que les toxines des champignons inférieurs.

Chacun de ces ouvrages, riche de documentation, représente une somme de travail considérable. Denis Brocq-Rousseu fut ainsi jusqu'à sa fin survenue

brusquement à Paris le 22 janvier dernier, un savant laborieux ne ménageant point sa santé qui, dans un corps d'apparence encore robuste, était altérée depuis quelque temps déjà.

Notre Compagnie l'avait élu correspondant le 21 juillet 1947 pour la section d'Économie rurale. Ce fut pour lui la grande et ultime récompense d'une vie entièrement consacrée aux sciences biologiques et à leurs applications, principalement à la médecine vétérinaire.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les chiffres décimaux de $\sqrt{2}$ et divers problèmes de probabilités en chaîne.* Note de M. **Émile Borel.**

La publication, par M. René Coustal ([1]), des 1033 premiers chiffres décimaux de $\sqrt{2}$, m'a permis de commencer l'étude d'un problème que je m'étais posé depuis longtemps. Il paraît probable, pour $\sqrt{2}$, comme pour π, et comme pour tous les nombres irrationnels définis par des équations algébriques ou différentielles à coefficients entiers, que la fréquence des 10 chiffres décimaux est la même, c'est-à-dire égale à 1/10 pour chacun d'eux; mais cela n'entraîne pas nécessairement que la suite indéfinie des ces chiffres décimaux a *toutes* les propriétés d'une suite de chiffres choisis au hasard. La suite des chiffres de $\sqrt{2}$ obéit, en effet, nécessairement à une loi, puisqu'elle est déterminée; mais nous ignorons cette loi; il est permis de se poser des questions à ce sujet et de se demander si, à la suite d'un phénomène fréquent dans les probabilités en chaîne, il n'y aurait pas, dans l'apparition des chiffres successifs, un peu moins d'irrégularité que s'ils étaient entièrement choisis au hasard.

J'ai porté mon attention sur les suites de 10 chiffres consécutifs; dans une telle suite, le nombre probable des chiffres qui n'y figurent qu'une seule fois est 3,874. Si l'on effectue ce dénombrement pour chacune des 1000 suites de 10 chiffres dont le premier chiffre est l'un des 1000 premiers chiffres suivant la virgule, on trouve le nombre total 4009 au lieu du nombre moyen 3874. L'écart 135 dépasse le double de la racine carrée de 3874 et apparaîtrait donc comme anormal; mais le fait que les probabilités consécutives ne sont pas indépendantes augmente très vraisemblablement l'écart probable.

Si, d'autre part, on groupe les résultats en 5 suites de 200 (correspondant chacune à cinq lignes du calcul de M. Coustal), on trouve les totaux 780, 822, 784, 838, 785 au lieu de la moyenne 774,8; les écarts par ordre de grandeur, sont 5, 9, 10, 47 et 53. La grandeur des deux derniers s'explique peut-être par la dépendance; mais cette dépendance agit aussi bien dans le sens des écarts

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 431.

négatifs que positifs; le fait que les 5 écarts sont positifs (probabilité 1/32) peut donc être retenu comme un indice intéressant.

M. René Coustal, à la suite de notre correspondance, a eu l'idée d'étudier le problème suivant, qui peut se poser pour chacun des 1000 premiers chiffres suivant la virgule; un quelconque de ces chiffres est le premier d'une suite de 10 chiffres; la probabilité pour que ce premier chiffre ne se retrouve pas parmi les 9 suivants est encore 0,3874; nous dirons alors que ce chiffre est *isolé à droite*. M. Coustal a trouvé un nombre de chiffres isolés à droite égal à 398 (au lieu de 387,4); l'écart est faible, mais est aussi positif. Une statistique plus intéressante est celle du nombre des chiffres isolés à droite qui se trouvent dans chacune des 100 tranches de 10 chiffres qui forment les 1000 premiers chiffres. Le nombre moyen par tranche devait être 3,87 (ou 3,98), de sorte que le nombre le plus fréquent devait être 4. En fait le nombre observé est 2 fois 1; 10 fois 2; 23 fois 3; 25 fois 4; 33 fois 5 et 7 fois 6. Cette distribution apparaît comme nettement anormale.

Dans le cas de la première statistique dont j'ai parlé, la dépendance des probabilités successives est facile à étudier; si l'on considère deux tranches de 10 commençant par deux chiffres consécutifs, ces tranches ont 9 chiffres communs. Si l'une d'elles renferme n chiffres ne figurant qu'une fois, l'autre en renfermera un nombre n' compris entre $n-2$ et $n+2$ (sauf si $n=7$, car n' ne peut prendre la valeur 9; il sera donc compris entre 5 et 8). Si n est égal à 7, la valeur moyenne de n' est voisine de 6 et si $n=6$, elle est voisine de 5,4.

On peut observer que si $n=4$, ce qui est le cas plus fréquent, cette dépendance a pour conséquence de diminuer les écarts; mais, si $n=1$, 2, 6 ou 7, elle a au contraire comme effet de les augmenter, de sorte qu'au total, comme nous l'avons dit, l'écart moyen est augmenté.

Dans la statistique de M. Coustal, il y a aussi certainement une dépendance entre deux épreuves consécutives, mais cette dépendance est plus difficile à étudier; elle pose un problème intéressant de probabilité en chaîne.

J'ai cru devoir publier ces résultats, bien qu'il soit évident qu'ils ne permettent pas de conclusion bien précise; le problème que je m'étais posé reste ouvert. Pour le résoudre, il serait intéressant de connaître d'autres résultats numériques. Il conviendrait également d'étudier d'une manière complète les problèmes de probabilité en chaîne que nous avons mentionnés.

Enfin, si certains résultats paraissaient confirmer que telle ou telle statistique ne cadre pas avec l'hypothèse de chiffres tirés au sort, il serait intéressant de rechercher comment cette hypothèse pourrait être modifiée par l'introduction de certaines probabilités en chaîne, qui devraient cependant, bien entendu, conserver l'égalité des fréquences des dix chiffres. Mais il pourrait arriver, par exemple, que la probabilité pour que l'on rencontre 10 zéros consécutifs soit inférieure à ce qu'elle serait dans le cas du tirage au sort. Il n'est pas évident, en effet, que l'égalité des fréquences subsiste dans les systèmes de numération

dont la base est un nombre très élevé; on pourrait concevoir, en ce cas, que le chiffre zéro (et les petits chiffres) se distinguent des autres.

En définitive, le problème de savoir si les chiffres d'un nombre tel que $\sqrt{2}$ satisfont ou non à *toutes* les lois que l'on peut énoncer pour des chiffres choisis au hasard me paraît toujours être un des problèmes les plus importants qui se posent aux mathématiciens.

MÉTROLOGIE. — *La deuxième vérification des étalons de masse fondamentaux du Système Métrique*. Note de MM. **Albert Pérard** et **Albert Bonhoure.**

Le Kilogramme prototype international est, comme chacun sait, une copie du Kilogramme des Archives. En 1880, les masses de ces deux étalons furent reconnues identiques, aux erreurs expérimentales près, par une Commission mixte composée de Membres de la Section française et du Comité international des Poids et Mesures.

Par la suite, quarante-deux Kilogrammes en platine iridié furent déterminés en fonction du Prototype international, par de très nombreuses comparaisons qui durèrent plusieurs années. C'est parmi ces quarante-deux pièces que furent désignés deux témoins du Kilogramme international (nombre porté plus tard à quatre, puis récemment à six) et les étalons nationaux demandés par les États signataires de la Convention du Mètre.

La première vérification périodique de ces étalons nationaux, effectuée entre les années 1899 et 1912 par J.-René Benoît, puis par Louis Maudet, au moyen des seuls témoins, sans intervention du Kilogramme international lui-même, avait montré que, dans l'ensemble, leur masse était restée invariable.

La seconde vérification de ces Kilogrammes s'est étendue à tous les étalons que les États membres de la Convention, sollicités en temps voulu par une lettre-circulaire, ont fait parvenir à Sèvres. Commencée au Pavillon de Breteuil en 1948 et exécutée par l'un de nous (B), elle est maintenant à peu près achevée. Ces nouvelles déterminations avaient été précédées d'une série de comparaisons effectuées en 1946 entre le Kilogramme prototype international et ses témoins. On s'est attaché à soumettre tous les Kilogrammes à un mode de nettoyage semblable à celui qu'ils avaient subi avant les comparaisons originales.

Le tableau ci-après reproduit les valeurs de 1889, celles qui viennent d'être déterminées et leurs différences.

Si l'on met à part le Kilogramme n° 16, qui porte des traces non équivoques d'usure, on constate que les plus fortes différences n'excèdent pas la somme des faibles écarts accidentels de mesure, qu'il ne paraît guère possible d'éviter sur deux opérations effectuées à plus de soixante années d'intervalle, par des métrologistes différents.

Nos des groupes principaux.		Nos des Kilogrammes.	1889.	1946 à 1949.	Différences.
			kg mg	kg mg	mg
	Témoins	K_1	1+0,127	1+0,098	−0,029
	Témoins	7	−0,530	−0,499	+0,031
	Témoins	32	+0,070	+0,107	+0,037
	Témoins	8 (41)	+0,260	+0,300	+0,040
	Témoins	43	–	+0,306	–
	Témoins	47	–	+0,405	–
3.	Espagne	3	+0,021	+0,044	+0,023
2.	Italie	5	+0,018	+0,018	0,000
3.	Japon	6	+0,169	+0,170	+0,001
2.	Portugal	10	+0,228	+0,263	+0,035
2.	U. R. S. S.	12	+0,068	+0,085	+0,017
3.	Allemagne	15	+0,226	+0,239	+0,013
3.	Hongrie	16	+0,056	−0,006	−0,062
1.	Grande-Bretagne	18	+0,070	+0,071	+0,001
2.	Italie	19	−0,276	−0,257	+0,019
1.	U. S. A.	20	−0,039	−0,019	+0,020
2.	Mexique	21	+0,063	+0,063	0,000
2.	Finlande	23	+0,061	+0,098	+0,037
3.	Espagne	24	−0,191	−0,173	+0,018
1.	Belgique	28	+0,210	+0,188	−0,022
3.	Académie des Sciences.	34	−0,073	−0,078	−0,005
2.	France	35	+0,191	+0,183	−0,008
1.	Norvège	36	+0,157	+0,186	+0,029
1.	Belgique	37	+0,244	+0,251	+0,007
3.	Suisse	38	+0,183	+0,214	+0,031
1.	Suède	40	−0,037	−0,039	−0,002
2.	Indes néerlandaises	46	–	+0,294	–
				1929 à 1946.	
Détermi-nations isolées.	Roumanie	2	−0,953	−0,992	−0,039
Détermi-nations isolées.	Tchécoslovaquie	41	–	+0,504	–
Détermi-nations isolées.	Turquie	42	–	+0,409	–
Détermi-nations isolées.	Australie	44	–	+0,270	–
Détermi-nations isolées.	République Argentine.	45	–	−0,256	–
Détermi-nations isolées.	Danemark	48	–	+0,081	–

En particulier, on remarque l'excellente concordance des valeurs du Kilogramme n° 34 attribué en 1889 à l'Académie des Sciences. Ce prototype est resté depuis lors inutilisé, et soigneusement emballé dans son étui de voyage. Il a pu ainsi supporter sans dommage l'exode de 1940 et un séjour en terre de plus de deux années.

Ces résultats sont rassurants, quant à la permanence de l'unité de masse représentée par les Kilogrammes en platine iridié.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la diffusion des engrais phosphatés solubles.* Note de MM. Albert Demolon, Pierre Boischot et Mme Edwige Tyszkiewicz.

Lorsqu'à la surface d'une colonne de terre on apporte un phosphate soluble, on constate que sa *fixation* est très rapide; l'eau qui s'écoule par percolation n'en renferme généralement que des traces. D'autre part, il y a *rétrogradation*, c'est-à-dire passage à des combinaisons plus ou moins difficilement attaquées par les réactifs. Ces deux notions d'ordre chimique ont dominé jusqu'ici la dynamique de P_2O_5 dans le sol. Elles ont fourni des bases a l'emploi rationnel des engrais phosphatés, mais elles se sont montrées insuffisantes.

Nous avons porté notre attention sur la première phase du phénomène, c'est-à-dire la diffusion de P_2O_5; celle-ci a été observée dans des silicogels ou des gels d'agar-agar à 1,5 % de gélose, placés dans des boîtes de Pétri et colorés par addition de rouge neutre. Cette technique permet de suivre visuellement la marche du phénomène au cours du temps. Nous indiquons ci-après les résultats ainsi obtenus :

1° *Cas de l'eau distillée* (pH initial 6,5). — Si au centre de la plaque de gel, on place un cristal de phosphate monopotassique, le virage s'observe très rapidement par acidification à partir de ce point; la variation du pH en fonction de la distance du granule ou en un point donné en fonction du temps écoulé se traduit par une courbe d'allure exponentielle. Le phénomène se poursuit régulièrement jusqu'à l'homogénéité du milieu. Il en est de même pour le phosphate monocalcique ou le superphosphate.

Dans le cas d'une granule de superphosphate la quantité de P_2O_5 diffusée est proportionnelle au volume du granule; elle atteint la presque totalité au bout de quelques jours. En voici un exemple :

Poids du granule. (en mg).	P_2O_5 (en mg). Q. initiale.	Q. restant après 4 jours.	Q. diffusée (%).
20	3,0	0,2	93
100	15,0	1,05	93.

Entre 0 et 30°, la vitesse de diffusion déterminée par le diamètre de la zone de virage du colorant augmente d'environ 20 %.

L'enrobage des granules par du carbonate de chaux précipité freine légèrement la diffusion; par contre, l'enrobage par de l'humate de calcium ne la modifie pas.

2° *Cas de l'eau ordinaire ou d'un extrait aqueux de sol* (pH : 7,5). — PO_4H_2K diffuse comme il a été dit plus haut sans aucune précipitation, même en présence de CO_3Ca dans le milieu. Pour le monocalcique ou le superphosphate granulé, la diffusion est plus lente. Le pH minimum au contact du granule se relève progressivement à partir de ce point. Après

48 heures on voit se former, à une distance proportionnelle au diamètre du grain, une zone parfaitement circulaire de couleur blanchâtre qui va ensuite en s'élargissant lentement; elle est due à une précipitation de P_2O_5 sous

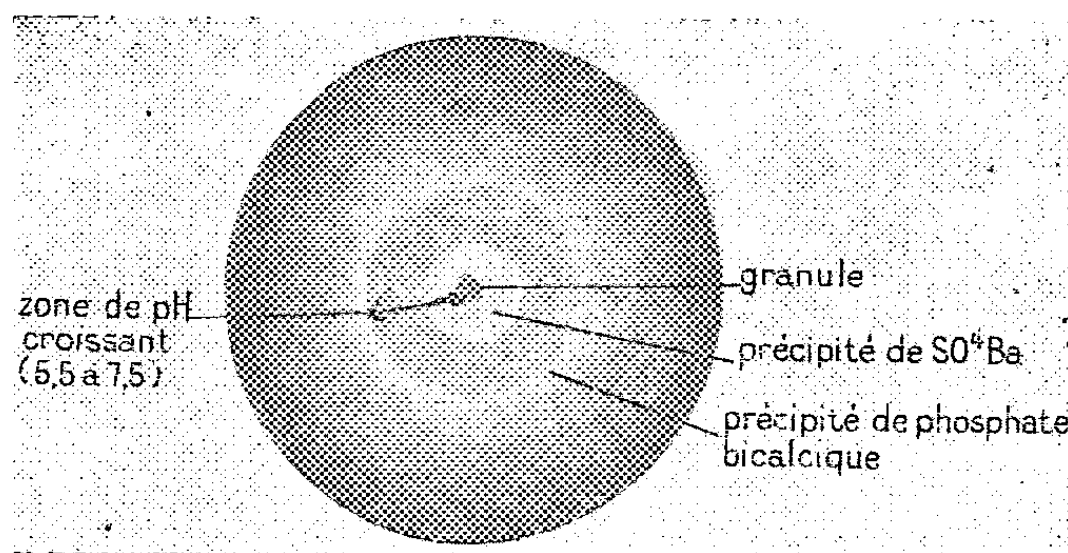


Fig. 1. — Diffusion de P_2O_5 du superphosphate granulé dans un hydrogel.

forme de phosphate bicalcique qui s'effleurit en surface. Cette précipitation liée à la réaction $(PO_4)_2H_4Ca = PO_4HCa + PO_4H_3$ exige un $pH > 7,0$; elle ne s'observe pas dans l'eau distillée, même en présence de sels de calcium solubles ou de CO_3Ca précipité. Dans le cas du phosphate monocalcique, un deuxième anneau complètement séparé du premier et extérieur apparaît après un temps suffisant. Le phénomène est donc périodique.

Le tableau suivant permet d'apprécier la marche de la diffusion en fonction du temps et de la grosseur des granules :

	Poids des grains (mg).	P_2O_5 ‰ à 2mm du granule, après 1 jour.	2 jours.	8 jours.	à 35mm du granule, après 2 jours.	8 jours.
pH = 8,1....	19	0,60	0,42	0,31	0,05	0,05
	45,5	1,72	0,69	0,13	0,05	0,05
	106	4,55	1,80	0,44	0,05	0,45
pH = 6,1....	19	–	0,28	0,08	0,05	0,05

On voit que l'homogénéisation du milieu demande un temps assez long et que dans la zone acide il y a ralentissement de la diffusion.

Quant au sulfate de calcium qui accompagne $(PO_4)_4H_2Ca$ dans le superphosphate, l'introduction de $BaCl_2$ dans le gel permet de constater que sa diffusion est beaucoup plus lente que celle du phosphate; il forme le squelette du granule qui persiste, en apparence inchangé, après élimination de P_2O_5 par diffusion.

La présence d'hydroxyde ferrique en milieu neutre, n'a pas d'influence sur la diffusion. Mais la formation du précipité de phosphate bicalcique ne s'observe plus, pour des doses de fer supérieures à celles nécessaires à la

précipitation de P_2O_5. L'introduction d'argile colloïdale (1 °/₀₀) dans le milieu n'a pas modifié la diffusion de P_2O_5.

Bref, au contact des solutions du sol, en l'absence de tout mouvement de l'eau, il se forme autour des granules une zone plus ou moins étendue suivant

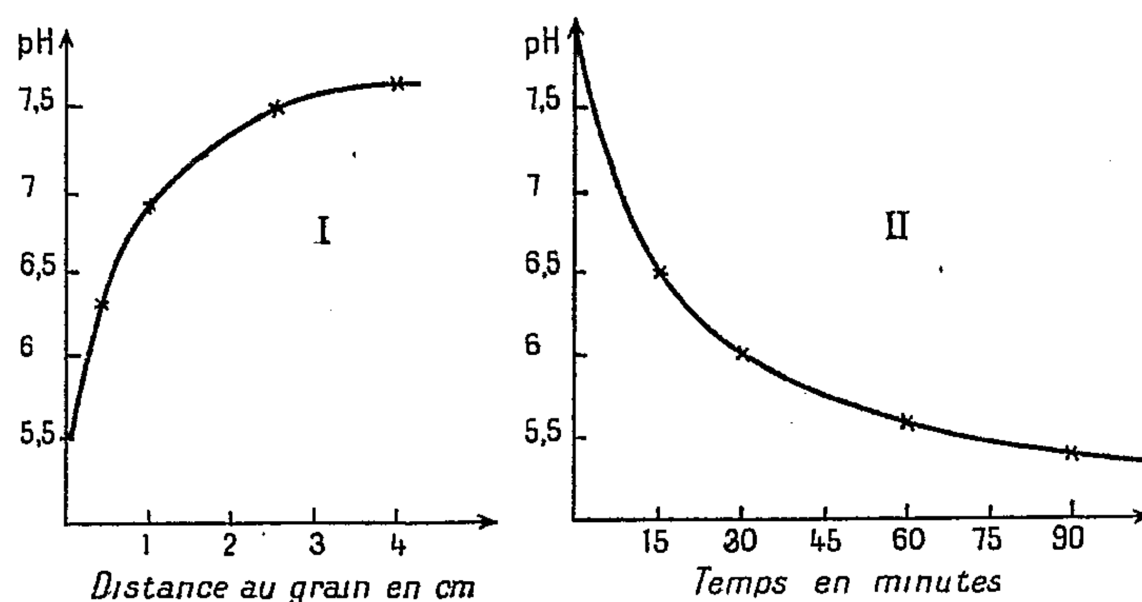


Fig. 2. — I. Variation du pH en fonction de la distance au grain, après 2h30. II. Variation du pH en fonction du temps pour un point situé à 2mm du grain.

leur grosseur, dans laquelle le P_2O_5 du superphosphate persiste temporairement sous forme soluble, une autre fraction passant à l'état bicalcique en milieu alcalin quand on s'éloigne du granule.

3° *Cas d'un milieu sableux.* — Nous avons suivi la diffusion de P_2O_5 du superphosphate en milieu discontinu. A cet effet, nous avons opéré dans des

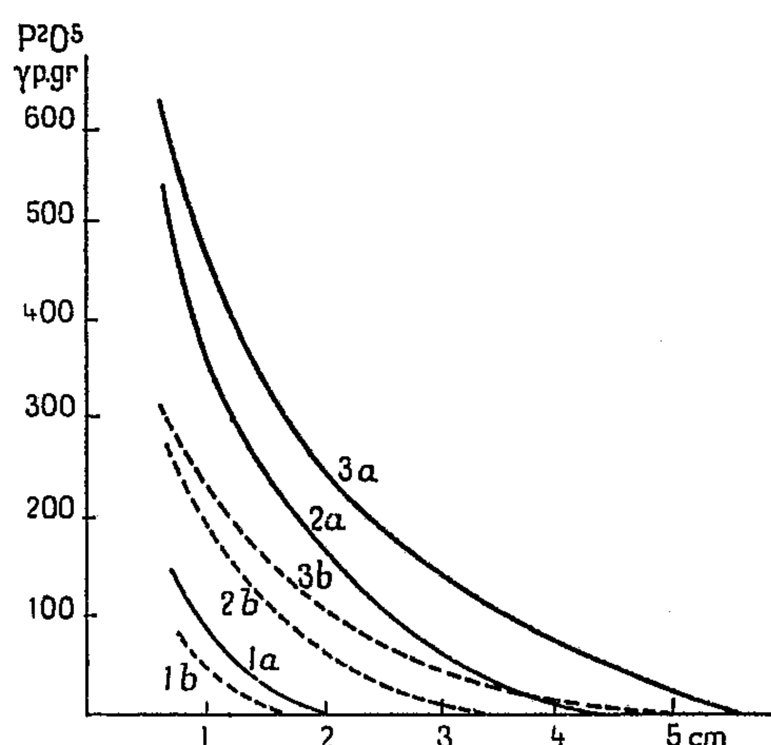


Fig. 3. — Diffusion de P_2O_5 après 15 jours. 1, sable à 12 % d'humidité; 2, sable à 9 % d'humidité; 3, sable à 6 % d'humidité; *a*, diffusion *per ascensum*; *b*, diffusion *per descensum*.

colonnes de sable fin, renfermant 6, 9, 12 % d'humidité, ce dernier chiffre représentant la capacité de rétention sous vide. Le superphosphate (15mg P_2O_5) a été placé, soit à la partie inférieure, soit à la partie supérieure et les prélèvements ont été effectués après 15 jours. Les diagrammes ci-dessus indiquent

la distribution de P_2O_5 à ce moment en fonction de la distance. On peut en tirer les conclusions suivantes :

1° Le superphosphate granulé se comporte comme le produit pulvérulent;

2° La diffusion, lente aux faibles humidités, augmente rapidement de vitesse avec la teneur en eau jusqu'à la capacité de rétention;

3° Cette vitesse est plus marquée de bas en haut que de haut en bas.

En résumé, la vitesse de diffusion de P_2O_5 en milieu discontinu dépend essentiellement du degré d'humidité; elle est peu affectée par les réactions secondaires liées à la nature du milieu. La granulation du superphosphate ne change pas son comportement à cet égard; elle n'intervient qu'en modifiant la distribution topographique des concentrations pendant un certain temps, fonction de la dimension des granules. C'est cet effet de *localisation* qui doit être envisagé en agriculture.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence favorable de la richesse en eau du milieu vital sur la teneur des plantes phanérogames en rubidium.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

Lors de nos recherches publiées en 1946 sur la présence normale du rubidium dans les végétaux, nous avions remarqué que « l'influence de l'argile et plus encore l'action combinée de l'argile et de l'eau seraient probablement pour beaucoup dans l'enrichissement en rubidium de certaines espèces végétales » (1).

Le rôle de l'eau et de l'argile est-il réel et, s'il en est ainsi, quelle part revient à chacun de ces facteurs ?

Grâce aux nombreux échantillons de plantes phanérogames que nous avons récoltés et analysés dans ces dernières années (2), nous avons pu faire des comparaisons utiles quant à la solution de ces problèmes et reconnaître déjà l'influence très marquée de la quantité d'eau qui existe dans le milieu vital d'une plante sur la teneur de celle-ci en rubidium.

Des résultats dont nous disposons, nous avons extrait ceux qui se rapportent à 24 espèces, développées soit dans l'eau, soit dans des sols très humides. Ces espèces représentent les principaux types de plantes hydrophiles de notre pays. Nous les présentons en une série verticale placée à la gauche du tableau ci-contre, et, pour faire mieux ressortir la dépendance de la teneur en rubidium de la richesse en eau du milieu vital, nous avons rassemblé, dans une seconde série, placée à droite, un nombre à peu près égal d'espèces de la même famille et parfois du même genre récoltées dans des lieux arides ou pauvres en eau. Les teneurs en rubidium sont exprimées en milligrammes par kilogramme de matière sèche.

---

(1) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 423, *et* Mémoire; *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947, p. 472 ou *Ann. agr.*, 17, 1947, p. 149.

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 343.

Plantes aquatiques ou de lieux humides.	Rb.	Plantes de lieux secs.	Rb.
Renonculacées (moyenne 17,8).			
Petite flouve (*Ranunc. flamm.* L.)........	41,5	Herbe au vent (*Anem. puls.* L.)..........	12,6
Populage des marais (*Caltha pal.* L.).....	58,4	Pied d'alouette (*Delph. cons.* L.).........	4,4
Crucifères (moyenne 23,4).			
Cresson ord. (*Nasturt. off.* R. Br.)........	51,1	Giroflée des murs (*Cheir. cheir.* L.).......	11,8
Cresson amphibie (*Roripa amph.* Bess.)...	55,6	Pied de corneille (*Seneb. pinn.* D. C.)....	11,6
Rosacées (moyenne 11,7).			
Reine des prés (*Spiræa ulm.* L.)..........	23,7	Benoîte (*Geum urban.* L.)...............	3,8
Ombellifères (moyenne 18,8).			
Branc-Ursine (*Heracl. sphond.* L.)........	74,8	Fenouil (*Fœnic. off.* All.)................	14,3
Œnanthe (*Œnanthe crocata* L.).........	24,1	Cerfeuil sauvage (*Cheroph. temul.* L.)....	9,0
Composées (moyenne 21,1).			
Gnaphale (*Gnaphalium uligin.* L.).......	40,3	Gnaphale (*Gnaph. undul.* L.)............	6,7
Herbe à éternuer (*Achill. ptarm.* L.).....	40,8	Millefeuille (*Achill. millef.* L.)..........	18,3
Chanvre d'eau (*Bidens tripart.* L.)........	25,8	Épervière (*Hierac. muror* L.)............	5,1
Borraginées (moyenne 18,1).			
Consoude (*Symphyt. off.* L.).............	24,5	Héliotrope (*Heliotr. europ.* L.)...........	5,1
Myosotis des marais (*Myos. pal.* Roth.)....	27,5	Myosotis des champs (*Myos. int.* Link.)...	6,6
Labiées (moyenne 10,0).			
Menthe à feuilles rondes (*Mentha rot.* L.)..	15,5	Petit chêne (*Teucr. chamædr.* L.)........	2,1
Polygonées (moyenne 21,8).			
Poivre d'eau (*Polyg. hydrop.* L.).........	31,0	Trainasse (*Polyg. avic.* L.).............	11,9
Persicaire (*Polyg. persic.* L.)...........	38,2	Oseille sauvage (*Rumex acetosa* L.).......	6,9
Grande oseille de bois (*Rumex sang.* L.)..	32,3		
Autres familles de dicotylédones (moyenne 15,1)			
Parnassie (*Parn. palust.* L.).............	26,4	Herbe d'or (*Helianthem vulg.* Gaertn.)...	4,5
Helodès (*Helodes palust.* Spach.).........	46,5	Surelle (*Oxal. acetos.* L.)...............	6,0
Salicaire (*Lythrum salic.* L.)............	24,3	Concombre sauv. (*Ecbal. elat.* L.)........	3,8
Lobélie (*Lobelia urens.* L.)..............	23,0	Orpin blanc (*Sed. alb.* L.)...............	4,4
Lobélie de Dortmann (*Lobelia dort.* L.)...	30,7	Lobélie de jardin (*Lobel. erin.* L.)........	7,3
Monocotylédones diverses (moyenne 20,1).			
Plantain d'eau (*Alisma plant.* L.)........	32,8	Souchet (*Scirp. holoschoenus* L.).........	19,5
Petite lentille d'eau (*Lemna min.* L)......	23,6		
Souchet des forêts (*Scirpus silv.* L.).....	44,5		

On se rappellera, en consultant le tableau, que les plantes phanérogames renferment en moyenne, d'après plus de 400 analyses, environ 18^{mg} de rubidium par kilogramme de matière sèche, et que cette teneur varie d'une façon parfois très importante d'une famille à une autre : elle est, par exemple, plus élevée chez les Solanées et les Crucifères, plus faible chez les Scrofulariées, les Labiées et les Graminées. Aussi avons-nous, pour rendre les comparaisons plus étroites et plus significatives, ajouté aux noms des familles du tableau les teneurs moyennes des espèces de ces familles.

Ce tableau fait ressortir d'une manière très nette l'influence favorisante de l'eau contenue dans le milieu où croissent les plantes, sur la teneur de celles-ci en rubidium. Il montre que, dans une famille végétale, les espèces dont la teneur s'élève notablement au-dessus de la moyenne propre à cette famille se développent le plus souvent dans l'eau ou dans des sols très humides, tandis que, inversement, les espèces à faible teneur proviennent de sols arides et moins pourvus d'eau.

Toutes les plantes ne réagissent pas avec la même facilité à l'influence favorisante de l'eau sur l'absorption du rubidium.

Lorsqu'on analyse comparativement certaines plantes de la même espèce provenant de plusieurs stations, on en trouve dont la teneur en rubidium est très différente, qui se montrent par conséquent d'une grande plasticité aux conditions du milieu dans lequel elles ont pris naissance. Mais il y en a d'autres, au contraire, dont la teneur en rubidium ne varie presque pas, qui réussissent mieux à maintenir la norme de leur composition chimique(3).

On a déjà beaucoup étudié et l'on continue à étudier les modifications apportées à la forme des organes et à la structure interne des plantes sous l'influence d'un milieu riche en eau; les résultats que nous apportons aujourd'hui font ressortir l'intérêt de poursuivre d'une façon approfondie l'étude des modifications qui s'accomplissent parallèlement dans la composition chimique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des catalyseurs calciques de la saccharification de l'aldéhyde formique.* Note (*) de MM. **Raymond Cornubert** et **Jean Peyrade.**

Au cours d'expériences réalisées avec des carbonates de calcium de puretés diverses, l'un de nous a constaté que la présence simultanée du carbonate de calcium et de la chaux devait faciliter la réaction de saccharification.

Cette conclusion nécessitait de nouveaux essais qui ont porté sur un litre de solution aqueuse d'aldéhyde formique à 2 %, en faisant bouillir en présence

(3) On trouvera des exemples de ce genre dans le Mémoire d'où cette Note est extraite.

(*) Séance du 6 février 1950.

d'un catalyseur calcique (chaux ou carbonate de calcium avec ou sans *sa* chaux) jusqu'à apparition d'une coloration jaune que nous avons vérifiée être l'indication de la fin de la réaction; le sucre obtenu contenant du calcium (sucre brut) a été alors traité par l'acide oxalique dans des conditions qui seront précisées plus tard et faute desquelles la précipitation du métal n'est pas totale.

Les résultats sont donnés ici en sucre brut, les temps sont fournis en heures; il a été fait emploi de carbonate précipité P (calcite), de marbre blanc M (calcite) ou d'aragonite naturelle A :

1° *La chaux provenant d'un carbonate donné agit comme promoteur vis-à-vis de ce carbonate* (essais 1-2-3).

2° *Le rapport carbonate/chaux commande la rapidité du phénomène pour une quantité donnée de formaldéhyde* (essais 4 à 7 inclus).

3° *L'état de surface du carbonate intervient :* en effet, en remplaçant le carbonate précipité par du marbre blanc dont nous avons vérifié la pureté, on arrive à des résultats différents (essais 8-9-10).

4° *D'ailleurs la granulation du catalyseur calcique a une grande influence :* le carbonate précipité P étant plus divisé que le marbre broyé, puisque le premier passait totalement au tamis 170 tandis que le marbre passait intégralement au tamis 80 (essais 1 et 8), nous avons examiné l'effet de la granulation sur l'action du marbre (essais 11 à 15 inclus) et sur le carbonate P (essais 16 à 18 inclus).

5° *La calcite et l'aragonite ne sont pas des catalyseurs identiques* (aragonite de teinte violacée due à des traces de fer) (essais 19-20-21); de plus la chaux de la calcite (marbre) n'est pas rigoureusement équivalente à la chaux de l'aragonite par rapport respectivement au marbre et à l'aragonite (essais 15 et 22 d'une part, 21 et 23 d'autre part).

6° *Des faits pour le moins inattendus sont les suivants :* des catalyseurs (10g) passant au tamis 200 et refusés au tamis 240, soumis à un préchauffage à sec à 100° ou dans l'eau bouillante pendant un temps déterminé, travaillent bien plus lentement qu'à l'état initial; de plus, si on les abandonne à eux-mêmes pendant quelques semaines avant de les faire agir, ils tendent à reprendre leur activité première

	Essais témoins.	Préchauffage à 100° — 60 heures dans l'eau bouillante.	100 heures à sec.	200 heures à sec.	Préchauffage à sec à 100° pendant 200 heures et abandon de 4 à 6 semaines.
M......	21–23h	110h	82h	82h	52h
A......	76–77	147	100–110	100–110	76–77

Chacun de ces essais a été répété trois fois; ces faits posent *a priori* des problèmes d'état de surface au moins autant que d'importance du développement de la surface.

Essai.	Carbonate de calcium nature.	(g).	Chaux de	(g).	Temps (h).	Sucre (%).
1........	P (*)	10	–	–	69	85
2........	P	10	–	–	14	0
3........	P	9,5	P	0,5	15	80
4........	P	10	–	–	50	85
5........	P	9	P	1	5	90
6........	P	8,9	P	1,1	0,5	90
7........	P	8	P	2	0,25	coloré
8........	M < 80 (**)	10	–	–	100	0
9........	–	–	M	0,5	100	0
10........	M < 80	9,5	M	0,5	12	85
11........	140 < M < 80 (***)	10	–	–	120	0
12........	170 < M < 140	10	–	–	130	60
13........	200 < M < 170	10	–	–	90	90
14........	240 < M < 200	10	–	–	21	90
15........	240 < M < 200	9,5	M	0,5	13	95
16........	200 < P < 170	10	–	–	75	90
17........	240 < P < 200	10	–	–	23	90
18........	240 < P < 200	9,5	P	0,5	11	95
19........	200 < A < 140	10	–	–	155	40
20........	240 < A < 200	10	–	–	77	85
21........	240 < A < 200	9,5	A	0,5	20	95
22........	240 < M < 200	9,5	A	0,5	30	95
23........	240 < A < 200	9,5	M	0,5	36	95

(*) A 99,3% CO_3Ca.
(**) Signifie passant au tamis 80.
(***) Signifie passant au tamis 80 et refusé au tamis 140.

Quant à l'origine de l'action il faut noter que ni le sulfate de calcium ni le phosphate tricalcique ni le formiate de calcium ne sont capables de catalyser la réaction. Par contre, le formolate de calcium a une action propre et catalyse celle du carbonate.

Ces recherches sont poursuivies.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Gustavo Colonnetti** est élu Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Maurice Roy*, élu Membre de la Section, et M. **Hans A. Pallmann** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale en remplacement de M. *André Boivin*, décédé.

DÉSIGNATIONS.

M. le **Maire de Saint-Léonard-de-Noblat** invite l'Académie à se faire représenter à la Cérémonie qui aura lieu dans cette ville, le 7 mai 1950, pour commémorer le centième anniversaire de la mort de Gay-Lussac.

MM. **Pierre Jolibois** et **Charles Dufraisse** sont désignés.

CORRESPONDANCE.

M. **Henri Simonnet** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *Richard Fosse*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Encyclopédie pratique du Naturaliste. XXXIV. *Le Microscope. Emploi et applications*, tome 2, par Eugène Séguy (présenté par M. R. Heim).

2° Reale Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti. *I cinque libri di piante*, par Pietro Antonio Michiel. Codice marciano. Trascrizione e commento di Ettore De Toni.

3° I. G. Klopin. *Biologie générale et principe d'histologie expérimentale* (en langue russe).

4° Nations Unies. *Bulletin des Stupéfiants*. N° 1.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Équations fonctionnelles dans un anneau booléien.* Note de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

L'utilisation de l'une quelconque des deux structures d'anneau dont j'ai précédemment indiqué l'existence (¹) facilite la résolution des équations fonctionnelles. En effet, puisque toute opération binaire peut s'écrire sous la forme d'un polynôme bilinéaire

$$\alpha pq + \beta p + \gamma q + \delta, \tag{1}$$

où α, β, γ, δ sont des constantes ne pouvant prendre qu'une des deux valeurs 0, 1, l'étude d'un système d'équations fonctionnelles à n fonctions inconnues se trouve simplement ramenée à celle d'un système d'équations algébriques à $4n$ inconnues. Le procédé n'est pas sans analogie avec celui de

(¹) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1086; *voir* aussi **224**, 1947, p. 432, 1043, 1411.

B. A. Bernstein (²), mais le signe (+) n'a pas chez lui la signification que nous lui donnons; il désigne l'addition logique ($\vee$).

A titre d'exemple, nous traiterons quelques problèmes non dépourvus d'intérêt, en adoptant la seconde de nos structures.

A. On sait que H. M. Sheffer a simplifié la base axiomatique des algèbres de Boole en montrant qu'il suffisait de postuler *une seule* opération non définie (³). Le problème consistait essentiellement à découvrir une opération en fonction de laquelle on pût définir la *négation*. Désignant l'opération cherchée par ($\perp$), cherchons à résoudre l'équation fonctionnelle.

$$p \perp p = p + 1. \tag{2}$$

En écrivant $p \perp q$ sous la forme (1), on voit que

$$p \perp p = (\alpha + \beta + \gamma) p + \delta, \tag{3}$$

et (2) devient

$$(\alpha + \beta + \gamma) p + \delta = p + 1, \tag{4}$$

ce qui conduit au système algébrique

$$\alpha + \beta + \gamma = 1, \qquad \delta = 1. \tag{5}$$

L'hypothèse $\alpha = 0$ ne donne que des fonctions d'où l'une des variables est absente; il n'y a d'acceptable que

$$\alpha = 1, \qquad \beta = \gamma, \qquad \delta = 1 \tag{6}$$

d'où les deux solutions

$$p \perp q = pq + p + q + 1, \qquad p \perp q = pq + 1.$$

La première est la *réjection* $p'.q'$; la seconde, l'*exclusion* $p' \vee q'$. Il suit de là que l'algèbre abstraite définie par les cinq axiomes de Sheffer trouve en logique *deux* réalisations : l'usage n'a retenu que la seconde. Pour fonder complètement l'algèbre de la logique, il est indispensable d'adjoindre à ces cinq axiomes une assertion apte à préciser celui des deux sens que l'on retient pour le trait vertical, par exemple $p|(p|p)$.

B. Si nous examinons par cette méthode la célèbre *proposition* de J. Nicod (⁴), qui s'écrit, en abrégeant $p|p$ par $\bar{p}$,

$$p|(q|r)|\{(t|\bar{t})|[(s|q)|\overline{p|s}]\}. \tag{7}$$

nous trouvons qu'elle est vraie non seulement si le trait désigne l'*exclusion*,

---

(²) *Trans. Amer. Math. Soc.*, **26**, 1924, p. 171-175.

(³) *Ibid.*, **14**, 1913, p. 481-488.

(⁴) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, **19**, 1916, p. 32-41.

mais aussi s'il désigne l'*implication*, car alors $p|p$, abrégé en $\bar{p}$, est vrai quel que soit p. Il ne faut pas oublier qu'à côté de sa *proposition*, Nicod pose une *règle* : « Si $p|(r|q)$ est vraie, et si p est vraie, alors q est vraie ». Cette règle oblige à écarter l'implication.

C. Proposons-nous de définir *toutes* les structures d'anneau dans une algèbre de Boole. Il faut trouver, en premier lieu, deux opérations ($\top$) et ($\perp$), associatives toutes les deux, l'une d'elles, ($\perp$), par exemple, étant doublement distributive par rapport à l'autre. Ce premier problème admet 4 solutions : ($\vee$ et $\cdot$), ($\cdot$ et $\vee$), ($\dot{+}$ et $\vee$), ($+$ et $\cdot$), en désignant par $p \dot{+} q$ l'opération $pq \vee p'q'$, et par $p+q$, $pq' \vee qp'$. Mais l'opération ($\top$), prise isolément, doit définir une structure de groupe; par là se trouvent exclues les deux premières solutions. Il ne reste que les deux structures précédemment signalées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la complétion du dual d'un espace vectoriel localement convexe.* Note (*) de M. **Alexandre Grothendieck**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient E un espace vectoriel localement convexe, S un ensemble de parties bornées, convexes, symétriques et fermées de E, E'_S (resp. $\hat{E}'_S$), l'espace des formes linéaires sur E continues (resp. dont les restrictions aux éléments de S sont continues), munis de la topologie de la convergence uniforme sur les éléments de S. Soit E_0 le sous-espace engendré par $\cup S$; on vérifie immédiatement que E'_S (resp. $\hat{E}'_S$) est séparé si et seulement si E_0 est dense dans E (resp. égal à E) et que $\hat{E}'_S$ est complet. Si donc $E'_S = \hat{E}'_S$ (et plus généralement si tout $u \in \hat{E}'_S$ a une restriction à E_0 continue), E'_S sera complet. Nous allons établir une réciproque de cette propriété, en supposant toujours E séparé.

Proposition 1. — *Si les éléments de* S *sont précompacts, pour que* E'_S *soit complet, il faut (et il suffit) que la restriction à* E_0 *de tout* $u \in \hat{E}'_S$ *soit continue.*

On se ramène en effet facilement à la

Proposition 2. — *Si les éléments de* S *sont précompacts,* E'_S *est dense dans* $\hat{E}'_S$.

Tout se ramène à montrer que si $A \in S$, $u \in \hat{E}'_S$, et $\varepsilon > 0$, il existe $v \in E'_S$ telle que $|(u-v)(A)| < \varepsilon$. Soient V un voisinage convexe symétrique fermé de l'origine tel que $|u(A \cap V)| < \varepsilon/4$, M un sous-espace de dimension finie de E tel que $A \subset A \cap M + V$; si v coïncide avec u sur M, on voit que $(u-v)(A) \subset u((A-A)\cap V) + v((A-A)\cap V) \subset 2u(B) + 2v(B)$, où $B = A \cap V$ (on note que $A - A = 2A$ car A est symétrique convexe). On a $|u(B)| < \varepsilon/4$, il suffit que l'on ait $|v(B)|$ le sous-espace M, de $< \varepsilon/4$, et le problème se pose donc ainsi : on connaît une forme u_0 sur M de dimension finie, telle

(*) Séance du 6 février 1950.

que $|u_0(B)| < \alpha$, B étant fermé convexe précompact; peut-on prolonger continûment u_0 à tout E, de telle sorte que $|v(B)| < \alpha$? Or, $\overset{-1}{u_0}(\alpha)$ étant complet, est encore fermé dans le complété $\hat{E}$ de E et n'y rencontre donc pas l'adhérence $\overline{B}$ de B (relativement fermé dans E). On peut alors faire le prolongement dans $\hat{E}$ par le théorème de Hahn-Banach, en considérant un voisinage convexe $\overline{B} + U$ du *compact* $\overline{B}$ qui ne recontre pas $\overset{-1}{u_0}(\alpha)$, C. Q. F. D.

Comme le dual de E est le même pour la topologie donnée et sa topologie faible, et que les ensembles bornés sont faiblement précompacts, ces propositions seront d'application assez générale. Signalons les

Corollaires. — 1° Si $E_0 = E$ et si les éléments de S sont précompacts, le complété de E'_S s'identifie à $\hat{E}'_S$.

2° Si E'_S est complet, il en est de même de E'_T pour $T \supset S$ (S, T ensembles de parties bornées de E, sans plus).

En utilisant le fait que E s'identifie à un dual topologique de son dual faible, on obtient de plus :

3° Le complété de E s'identifie à l'espace des formes linéaires sur son dual dont les restrictions aux parties équicontinues sont faiblement continues, muni de la topologie de la convergence uniforme sur ces parties. (On retrouve en particulier le complété pour la topologie faible.)

4° Si E est complet, toute topologie localement convexe plus fine qui a même dual, et plus généralement qui puisse se définir par une famille de semi-normes *semi-continues* (soit : par un système fondamental de voisinages convexes *fermés*) est encore complète. [En particulier la topologie forte de Mackey associée ([1]) et la topologie induite par le bidual fort ([2]) sont encore complètes.]

5° Si E est complet, toute forme linéaire sur son dual dont les restrictions aux parties équicontinues sont faiblement continues est faiblement continue. On retrouve ainsi un fait connu pour les espaces de Fréchet et leurs limites inductives ([2]).

([1]) *Cf.* G. W. Mackey, *Transactions of the Amer. Math. Soc.*, 57, 1945, p. 155-207 et 59, 1946, p. 520-537.

([2]) *Cf.* J. Dieudonné, et L. Schwartz, *La dualité dans les espaces* ($\mathcal{F}$) *et* ($\mathcal{LF}$) (à paraître aux *Annales de Grenoble*, 1950).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Applications* $\natural$ *dans les anneaux d'opérateurs.* Note (*) de M. **Jacques Dixmier**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Soit M un anneau d'opérateurs dans un espace hilbertien complexe. On généralise la trace des facteurs ([1]) et l'application $\natural$ des anneaux de classe finie ([2]) de la façon suivante ([3]) : on appelle *application* $\natural$ de M toute application *linéaire* φ, définie sur un *idéal* ([4]) $\mathfrak{m}_\varphi$ de M, appliquant $\mathfrak{m}_\varphi$ dans le *centre* $M^\natural$ de M, et telle que : 1° $\varphi(A)\in M^{\natural +}$ ([5]) si $A\in\mathfrak{m}_\varphi^+$: φ est *positive* ; 2° $\varphi(AB)=\varphi(BA)$ si $A\in\mathfrak{m}_\varphi$, $B\in M$: φ est *centrale* ; 3° Si E est un projecteur de $\mathfrak{m}_\varphi$ et F un projecteur de $M^\natural$ tels que $EF=0$, on a $\varphi(E)F=0$. φ est dite *continue* si, lorsque $\mathcal{F}\subset\mathfrak{m}_\varphi^+$ est un ensemble filtrant croissant de borne supérieure $A\in\mathfrak{m}_\varphi^+$, $\varphi(A)$ est la borne supérieure de $\varphi(\mathcal{F})$.

On n'a de résultats complets que pour les applications $\natural$ continues ([6]). L'existence d'applications $\natural$ non continues est d'ailleurs improbable. (En tous cas, si $\mathfrak{m}_\varphi$ est engendré par ses projecteurs, φ est continue.)

a. Une application $\natural$ continue φ est dite *maximale* si elle possède l'une des propriétés équivalentes que voici : α. Aucune application $\natural$ continue, définie sur un idéal $\mathfrak{m}'\subset\overline{\mathfrak{m}}_\varphi$ ([7]), ne prolonge effectivement φ. β. Si $A\in\overline{\mathfrak{m}}_\varphi^+$, et si $\mathcal{F}\subset\mathfrak{m}_\varphi^+$ est un ensemble filtrant croissant de borne supérieure A tel que $\varphi(\mathcal{F})$ soit majoré, on a $A\in\mathfrak{m}_\varphi^+$.

Théorème 1. — *Toute application* $\natural$ *continue peut se prolonger en une application* $\natural$ *continue maximale et en une seule.*

b. Une application $\natural$, φ, est dite *fidèle*, si, pour $A\in\mathfrak{m}_\varphi^+$, $A\neq 0$, on a $\varphi(A)\neq 0$.

Théorème 2. — *Soit* φ *une application* $\natural$ *continue. Il existe une variété* $\mathcal{N}\subset\mathcal{M}(\mathfrak{m}_\varphi)$, $\mathcal{N}\,\eta\,M^\natural$, *bien déterminée par les propriétés suivantes :* α. *Si*

(*) Séance du 6 février 1950.

([1]) F. J. Murray et J. von Neumann, *Ann. of Math.*, 37, 1936, p. 116-229; II, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 41, 1937, p. 208-248.

([2]) J. Dixmier, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 66, 1949, p. 209-261.

([3]) On s'est inspiré aussi de la définition générale des applications $\natural$ par R. Godement, *Mémoire sur la théorie des caractères dans les groupes localement compacts unimodulaires* (à paraître au *Journal de Mathématiques*).

([4]) On dira, dans toute cette Note, *idéal* pour *idéal bilatère*.

([5]) Pour tout ensemble N d'opérateurs, N^+ désigne l'ensemble des opérateurs self-adjoints ≥ 0 de N.

([6]) Pour toute application $\natural$ continue φ, on a $\varphi(AB)=\varphi(A)B$ si $A\in\mathfrak{m}_\varphi$ et $B\in M^\natural$.

([7]) $\overline{\mathfrak{m}}$ désigne l'adhérence forte de l'idéal $\mathfrak{m}$. Tout opérateur de $\overline{\mathfrak{m}}^+$ est borne supérieure d'un ensemble filtrant croissant d'opérateurs de $\mathfrak{m}^+$. $\overline{\mathfrak{m}}$ n'est autre que l'ensemble des $A\in M$ tels que $AP_{\mathcal{M}}=A$ pour une certaine $\mathcal{M}\,\eta\,M^\natural$ qui sera notée $\mathcal{M}(\mathfrak{m})$.

$A = AP_{\mathfrak{M}} \in \mathfrak{m}_\varphi$, *on a* $\varphi(A) = 0$; β. *La restriction de* φ *aux* $A \in \mathfrak{m}_\varphi$ *tels que* $AP_{\mathfrak{M}} = 0$ *est fidèle.*

L'étude des applications $\natural$ continues est ramenée à celle des applications $\natural$ continues fidèles et maximales.

c. On définit les variétés *finies* à la manière de Murray et von Neumann. $\mathfrak{M} \eta M$ est dite *purement infinie* si $\mathfrak{M} \neq 0$ et si $\mathfrak{M}$ ne contient aucune variété finie $\neq 0$. L'ensemble des variétés purement infinies sous-tend une variété $\mathfrak{M}^0 \eta M^\natural$, elle-même purement infinie. Soit M^0 l'ensemble des $A \in M$ pour lesquels $AP_{\mathfrak{M}'} = 0$.

THÉORÈME 3. — *Soit* φ *une application* $\natural$ *continue fidèle. On a* $\overline{\mathfrak{m}_\varphi} \subset M^0$. *Pour* φ *bien choisie,* $\overline{\mathfrak{m}_\varphi} = M^0$.

d. THÉORÈME 4. — *Soient* φ_1, φ_2 *deux applications* $\natural$ *continues maximales, avec* $\mathfrak{M}(\mathfrak{m}_{\varphi_1}) = \mathfrak{M}(\mathfrak{m}_{\varphi_2}) = \mathfrak{M}$. *Soit* $A \in \mathfrak{m}^+_{\varphi_1} \cap \mathfrak{m}^+_{\varphi_2}$, *tel que* $A(\mathfrak{M}') \neq 0$ *pour toute* $\mathfrak{M}' \eta M^\natural$ *contenue dans* $\mathfrak{M}$. *Si* $\varphi_1(A) = \varphi_2(A)$, *on a* $\varphi_1 = \varphi_2$.

2. Pour les *traces* (fonctionnelles définies sur un idéal de M, linéaires, centrales et positives), on a les théorèmes correspondants aux théorèmes 1 et 2.

THÉORÈME 5 [8]. — *Soit* Φ *une application* $\natural$ *continue fidèle. a. Si* $\mathfrak{m}_\Phi$ *est engendré par ses projecteurs, il existe une correspondance biunivoque* $\varphi \to \psi$ *entre les traces* φ *définies sur* $\mathfrak{m}_\Phi$ *et les fonctionnelles linéaires positives* ψ *définies sur* $\Phi(\mathfrak{m}_\varphi)$. *Cette correspondance est définie par la relation* $\varphi(A) = \psi(\Phi(A))$. φ *est fidèle (resp. continue) si et seulement si* ψ *est fidèle (resp. continue). b. Si* $\mathfrak{m}_\Phi$ *est quelconque, il existe une correspondance biunivoque définie comme précédemment entre les traces continues* φ *définies sur* $\mathfrak{m}_\Phi$ *et les fonctionnelles linéaires positives continues* ψ *définies sur* $\Phi(\mathfrak{m}_\Phi)$. φ *est fidèle si et seulement si* ψ *est fidèle.*

Les prolongements maximaux des traces φ précédentes (supposées continues et fidèles) sont les traces continues fidèles maximales les plus générales.

3. On appelle fonction-poids, toute fonction $\mathfrak{M} \to D(\mathfrak{M})$ définie pour $\mathfrak{M} \eta M$, telle que : *a.* $0 \leq D(\mathfrak{M}) \leq +\infty$; $D(\mathfrak{M}) = 0$ entraîne $\mathfrak{M} = 0$. *b.* Si U est un unitaire de M, $D(U(\mathfrak{M})) = D(\mathfrak{M})$. *c.* Si $(\mathfrak{M}_i)_{i \in I}$ est une famille de variétés ηM deux à deux orthogonales et si $\mathfrak{M} = \bigoplus_{i \in I} \mathfrak{M}_i$, on a $D(\mathfrak{M}) = \sum_{i \in I} D(\mathfrak{M}_i)$. Si H est séparable, c'est la définition de von Neumann.

THÉORÈME 6. — *Il existe une correspondance biunivoque* $\varphi \to D$ *entre les traces continues fidèles maximales* φ *et les fonctions-poids* D. *Cette correspondance est définie ainsi : si* $P_{\mathfrak{M}} \in \mathfrak{m}_\varphi$, $D(\mathfrak{M}) = \varphi(P_{\mathfrak{M}})$; *si* $P_{\mathfrak{M}} \notin \mathfrak{m}_\varphi$, $D(\mathfrak{M}) = +\infty$.

---

[8] Ce théorème, moins les questions de continuité, a été établi par Godement quand M est de classe finie.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques problèmes d'extremum relatifs aux fonctions analytiques et uniformes sur un domaine doublement connexe.* Note de M. **Michel Hervé**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit, dans le plan de la variable z, un domaine D dont la frontière se compose de deux continus non ponctuels disjoints C_1, C_2; la fonction $z=\Phi(Z)$ représente le disque $|Z|<1$ sur la surface universelle de recouvrement de D; on a $\Phi(SZ)\equiv\Phi(Z)$, où S est une substitution hyperbolique définie par

$$(1)\qquad \frac{Z'-\alpha}{Z'-\beta}=\lambda\frac{Z-\alpha}{Z-\beta}\qquad(\lambda>1),$$

l'angle orienté (à $k\pi$ près) que fait le cercle $|Z|=1$ avec le cercle $\alpha Z\beta$ au point β sera noté $\varphi(Z)$ ou $\varphi(z)$.

θ étant un angle défini à $2k\pi$ près, soit $\mathcal{H}[\theta]$ (1) la classe des fonctions H(Z) holomorphes sur $|Z|<1$ qui vérifient $|H(Z)|\leq 1$ et $H(SZ)\equiv e^{-i\theta}H(Z)$: par exemple, le produit de Blaschke

$$(2)\qquad B(Z_0, Z)\equiv\prod_{n=-\infty}^{n=+\infty}\frac{\overline{S^nZ_0}}{|S^nZ_0|}\,\frac{S^nZ_0-Z}{1-\overline{S^nZ_0}Z}$$

appartient à $\mathcal{H}[-2\varphi(Z_0)]$; la quantité $\sup_{H\in\mathcal{H}[\theta]}|H(Z_0)|$ ne dépend que de θ et $\varphi(Z_0)$; nous la noterons $A[\theta, 2\varphi(Z_0)]$, définissant ainsi une fonction continue $A(\theta, \theta')$ des deux arguments θ, θ' (mod 2π).

Cette fonction A fournit deux expressions de la distance de Caratheodory (2) $C(z_1, z_2)$ de deux points z_1, z_2 de D :

$$(3)\quad \operatorname{th}C(z_1, z_2)=|B(Z_1, Z_2)|\,A[2\varphi(z_1), 2\varphi(z_2)]=|B(Z_2, Z_1)|\,A[2\varphi(z_2), 2\varphi(z_1)],$$

d'où résulte

$$(4)\qquad A(\theta, \theta')\equiv A(\theta', \theta).$$

Si d'autre part D est la couronne circulaire $R<|z|<R'$, et $\mathcal{F}$ la classe des fonctions $f(z)$ holomorphes (uniformes) sur D et telles que

$$\overline{\lim}_{z=Re^{i\psi}}\log|f(z)|\leq 0,\qquad \overline{\lim}_{z=R'e^{i\psi}}\log|f(z)|\leq -M,$$

ces fonctions $f(z)$ sont données par

$$(5)\qquad f[\Phi(Z)]\equiv e^{\frac{\gamma M}{\pi}}\left(\frac{Z-\alpha}{Z-\beta}\right)^{\frac{iM}{\pi}}H(Z),$$

---

(1) Cette classe a été étudiée, par une méthode d'interpolation, par M. M. Heins, *Amer. Journal of Math.*, **62**, 1940, p. 91.

(2) *Math. Annalen*, **97**, 1927, p. 76.

où

$$\gamma = \operatorname{Arg}\frac{Z-\alpha}{Z-\beta} \quad \text{pour} \quad |z| = R \quad \text{et} \quad H \in \mathcal{H}\left[\frac{2\pi M}{\log R' - \log R}\right];$$

donc

$$(6) \qquad \sup_{f\in\mathcal{F}} \log|f(z_0)| = M\left[\frac{\varphi(z_0)}{\pi} - 1\right] + \log A\left[\frac{2\pi M}{\log\frac{R'}{R}}, 2\varphi(z_0)\right].$$

Par suite, pour $\theta \neq 2k\pi$, $\log A(\theta, \theta')$ est fonction strictement convexe de θ' sur $(0, 2\pi)$, c'est-à-dire que, pour $\theta \leqq \theta'_1 < \theta'_2 < \theta'_3 \leqq 2\pi$, on a

$$(7) \qquad (\theta'_3 - \theta'_1)\log A(\theta, \theta'_2) + (\theta'_1 - \theta'_2)\log A(\theta, \theta'_3) + (\theta'_2 - \theta'_3)\log A(\theta, \theta'_1) < 0.$$

Les propriétés (4) et (7) permettent de démontrer :

Théorème. — *Les fonctions extrémales de la classe* $\mathcal{H}[\theta]$, *pour lesquelles* $|H(Z_0)| = A[\theta, 2\varphi(Z_0)]$, *sont données par*

$$(8) \qquad H(Z) \equiv e^{i\omega} B(Z_1 Z),$$

où Z_1 *est déterminé par*

$$(9) \qquad \varphi(Z_1) = -\frac{\theta}{2}(\text{mod}\,\pi), \qquad \left|\frac{Z_1-\alpha}{Z_2-\beta}\right| = \lambda^{m+\frac{1}{2}}\left|\frac{Z_0-\alpha}{Z_0-\beta}\right|$$

(*m entier*); *par suite* $A[\theta, 2\varphi(Z_0)] = |B(Z_1, Z_0)|$.

On remarque que, si G *est la fonction de Green de* D,

$$(10) \qquad G(z_1, z_2) = -\log|B(Z_1, Z_2)|.$$

Applications. — 1° *Distance de Caratheodory* de deux points de D : d'après (3), on a, par exemple,

$$(11) \qquad \log \operatorname{th} C(z_1, z_2) = -G(z_1, z_2) - G(z_2, z_3),$$

où z_3 est défini sur D par

$$(12) \qquad \varphi(z_1) + \varphi(z_3) = k\pi, \qquad \left|\frac{Z_3-\alpha}{Z_3-\beta}\right| = \lambda^{m+\frac{1}{2}}\left|\frac{Z_2-\alpha}{Z_2-\beta}\right|,$$

soit $|z_1 z_3| = RR'$, $z_3/z_2 < 0$ si D est la couronne $R < |z| < R'$.

2° *Amélioration du théorème des trois cercles* : d'après (6),

$$(13) \qquad \sup_{f\in\mathcal{F}} \log|f(z_0)| = -M\frac{\log|z_0| - \log R}{\log R' - \log R} - G(z_0, \zeta_0) \quad ([3]),$$

où ζ_0 est défini par

$$(14) \qquad \frac{\zeta_0}{z_0} < 0, \qquad \log|\zeta_0| \equiv M + \log R\left(\text{mod}\,\log\frac{R'}{R}\right).$$

3° *Calcul de la constante de point fixe* relative à un point z_0 de D : cette application paraîtra dans une prochaine Note.

([3]) Résultat obtenu, à l'aide de la formule de Poisson-Jensen-Nevanlinna, par O. Teichmüller, *Deutsche Math.*, 1, 1939, p. 16.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur la discussion des éventualités dans un système à k contacts avec ou sans frottement.* Note (*) de M. **François Gallissot**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous proposons de développer les conséquences du théorème général établi dans la Note précédente, en discutant les éventualités : cessations de contact, contacts qui subsistent, roulements, glissements, chocs tangentiels. Nous utilisons les notations de la Note citée ci-dessus.

A l'instant initial, les vitesses sont supposées compatibles avec les liaisons unilatérales.

A. Cas où aucune vitesse tangentielle de glissement n'est nulle. — Au $h^{\text{ième}}$ contact la vitesse de contingence est $\overrightarrow{W}_h$ de composantes

$$U_h = \rho_h \cos s_h, \quad V_h = \rho_h \sin s_h, \quad W_h = 0 \quad (\rho_h \text{ grandeur de la vitesse de glissement})$$

La réaction de composantes X_h, Y_h, Z_h satisfait à la loi de Coulomb.

$$X_h + f_h \cos s_h Z_h = 0, \quad Y_h + f_h \sin s_h Z_h = 0 \quad (f_h \text{coefficient de frottement}),$$

les équations donnent

$$(4) \qquad \frac{dW_h}{dt} + \sum_1^k r_{hj} Z_j = \varphi_{W_h} \qquad (h \text{ variant de } 1 \text{ à } k).$$

Les équations (4) dont les seconds membres ne dépendent pas des éventualités s'interprètent dans un espace auxiliaire E_k, comme étant la décomposition d'un vecteur $\vec{\varphi}$ suivant k vecteurs à indices distincts pris parmi les vecteurs $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$, ..., $\vec{e}_k$ de la base choisie dans E_k, et les vecteurs $\vec{R}_1$, $\vec{R}_2$, ..., $\vec{R}_k$ définis par les coefficients de la matrice $\| r_{hj} \|$. L'espace E_k est donc cloisonné en 2^k régions correspondant aux 2^k éventualités possibles, la cessation du $h^{\text{ième}}$ contact se traduisant par $dW_h/dt > 0$, $Z_h = 0$, son maintien par $dW_h/dt = 0$, $Z_h > 0$.

Si l'on considère la forme quadratique Ψ ayant pour coefficients les éléments de la matrice $\| r_{hj} + r_{jh} \|$, on obtient les résultats suivants :

1° *Si Ψ est définie négative dans* E_k : à des conditions initiales données correspond un mouvement bien déterminé et un seul, même si $\vec{\varphi}$ est sur une des frontières cloisonnant E_k.

2° *Si Ψ n'est pas définie négative dans* E_k : soit p le nombre des carrés positifs de sa décomposition. Il n'y a plus exclusion des éventualités. On peut trouver une région au moins où 2^p éventualités sont simultanément admissibles, et il existe au moins une région où aucune éventualité n'est admissible (Parodoxe de Painlevé) (1).

(*) Séance du 6 février 1950.

(1) Painlevé, *Leçons sur le frottement.* Paris, 1895, p. 17, 36 et 83.

On peut démontrer alors qu'il existe un phénomène de chocs tangentiels caractérisé par $\Psi > 0$. Les cas où le paradoxe de Painlevé se présente sont donc caractérisés par $\Psi > 0$.

B. Cas où certaines vitesses tangentielles de glissement sont nulles. — Les angles s_h caractérisant les directions de glissement naissant, où les directions des composantes tangentielles des réactions ne sont pas déterminées indépendamment des hypothèses faites sur la nature du mouvement. D'où difficultés d'énoncer des résultats aussi généraux que dans le cas A.

THÉORIE DES OSCILLATIONS. — *Détermination des solutions périodiques stables de certaines équations différentielles quasi harmoniques.* Note (*) de M. **Théophile Got**, présentée par M. Émile Barrillon.

Ces équations sont de la forme

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -x + \mu P\left(x, \frac{dx}{dt}\right), \tag{1}$$

où μ est positif et beaucoup plus petit que l'unité; P est un polynome, et l'on suppose que l'équation ne change pas par le changement de x en $-x$.

L'équation (1) équivaut au système

$$\frac{dx}{y} = \frac{dy}{-x + \mu P(x, y)} = dt. \tag{2}$$

D'après les Mémoires fondamentaux de Poincaré sur les équations différentielles, si le coefficient de y dans P est positif, il y a dans le plan (x, y), pour μ suffisamment petit, un *foyer instable* à l'origine, et il peut exister alors un *cycle limite*, auquel correspond une solution périodique stable de l'équation (1).

M. Andronow [1] a le premier remarqué qu'il y a là la base d'une détermination rigoureuse de la solution, mais il n'a pas développé cette idée, et l'on en est resté jusqu'ici aux méthodes non rigoureuses de Kryloff et de Bogoliuboff qui ne permettent pas d'apprécier avec certitude le degré d'approximation obtenu.

La difficulté provient essentiellement du fait que la période est une fonction inconnue de μ.

Or, le changement de variables

$$x = \rho \sin\theta, \qquad y = \rho\cos\theta \tag{3}$$

(*) Séance du 6 février 1950.

[1] *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 559.

transforme le système (2) en

$$(4)\qquad \frac{d\rho}{\mu\cos\theta\, P(\rho\sin\theta,\ \rho\cos\theta)} = \frac{d\theta}{1-\mu\,\dfrac{\sin\theta}{\rho}\,P(\rho\sin\theta,\ \rho\cos\theta)} = dt,$$

et, puisque il est invariant par le changement de θ en $\theta+\pi$, ρ est de la forme

$$(5)\qquad \rho = \rho_0 + \sum_{n=1}^{\infty}\mu^n\rho_n(\theta),$$

où ρ_0 est une constante et les ρ_n des fonctions de période π.

La première des équations (4) permet la détermination de ρ_0 et des ρ_n successifs par récurrence, et le développement (5) converge pour μ suffisamment petit.

On a ensuite

$$(6)\qquad dt = \frac{\rho\cos\theta\, d\theta + \sin\theta\, d\rho}{\rho\cos\theta},$$

d'où

$$(7)\qquad t = \theta + \int_0^{\theta}\frac{1}{\rho}\,\frac{\sin\theta}{\cos\theta}\,\frac{d\rho}{d\theta}\,d\theta = \theta + \sum_{n=1}^{\infty}\mu^n t_n(\theta).$$

La période T de x est

$$(8)\qquad T = 2\pi + \sum_{n=1}^{\infty}\mu^n[t_n(2\pi) - t_n(0)],$$

et l'amplitude

$$(9)\qquad A = 2\left[\rho_0 + \sum_{n=1}^{\infty}\mu^n\rho_n\left(\frac{\pi}{2}\right)\right]$$

Une équation importante du type précédent est celle de Van der Pol

$$(10)\qquad \frac{d^2x}{dt^2} = -x + \mu(1-x^2)\frac{dx}{dt}.$$

Le calcul indiqué plus haut donne

$$(11)\qquad \begin{aligned}\rho^2 = 4 &+ \mu(2\sin 2\theta + \sin 4\theta) + \frac{\mu^2}{24}(9 + 18\cos 2\theta + 6\cos 4\theta - 10\cos 6\theta - 6\cos 8\theta)\\ &+ \frac{\mu^3}{24^2}(-48\sin 2\theta + 15\sin 4\theta + 184\sin 6\theta\\ &+ 111\sin 8\theta - 60\sin 10\theta - 45\sin 12\theta) + \ldots\end{aligned}$$

au quatrième ordre près, et au même ordre près

$$(12)\qquad \begin{aligned}t = \theta &+ \frac{\mu}{8}(-1 + 2\cos 2\theta - \cos 4\theta)\\ &+ \frac{\mu^2}{384}(24\theta - 48\sin 2\theta + 12\sin 4\theta + 16\sin 6\theta - 9\sin 8\theta)\\ &+ \frac{\mu^3}{6144}(17 - 32\cos 2\theta - 16\cos 4\theta\\ &\qquad + 60\sin 6\theta - 19\cos 8\theta - 20\cos 10\theta + 10\cos 12\theta) + \ldots\end{aligned}$$

D'où l'on déduit, toujours au même ordre près, la demi-amplitude

(13) $$\frac{A}{2} = 2 + \frac{\mu^2}{96},$$

et la période

(14) $$T = 2\pi\left(1 + \frac{\mu^2}{16}\right),$$

valeur déjà donnée par Kryloff, mais par une méthode non rigoureuse.

Borne supérieure de l'erreur. — Pour que ρ^2 reste compris entre $4-\varepsilon$ et $4+\varepsilon$, il suffit que μ soit inférieur à $\varepsilon/(4+\varepsilon)$, et l'erreur commise en arrêtant le développement au $(n+1)^{\text{ième}}$ terme est inférieure en valeur absolue à $\varepsilon^{n+1}/(4+\varepsilon)^n$.

RHÉOLOGIE. — *Écoulement des corps plastiques.*
Note (*) de M. **Fernand Charron**, présentée par M. Joseph Pérès.

Certains corps à la fois visqueux et plastiques, très facilement déformables, tels que par exemple les graisses lubrifiantes ont été déjà étudiés relativement aux efforts internes développés par le mouvement ([1]). Si nous nous limitons à un mouvement par couches parallèles au plan des xy, mobiles suivant ox avec une vitesse u, l'effort X par unité de surface serait de la forme $X = f + \eta\, \partial u/\partial z$, f étant un coefficient analogue à un frottement et η un coefficient de viscosité qui intervient seulement après le démarrage, lorsque X est supérieur à f.

Les corps répondant à une telle loi d'efforts internes sont appelés plastiques idéaux; mais d'autres plastiques répondent à des lois d'efforts moins simples.

La présence de ce coefficient f accroît notablement la complexité des problèmes d'écoulement. Ainsi lorsqu'un tel corps s'écoule sous pression dans un tube de rayon r_0, il existe un gradient de pression p_0 au-dessous duquel le corps reste en repos, lorsque

$$\pi r_0^2 p_0 \leqq 2\pi r_0 f; \qquad r_0 p_0 \leqq 2f,$$

à partir de cette valeur p_0, si le gradient de pression augmente, il existe toujours un cylindre central qui se déplace en bloc, dont le rayon r_1 est tel que

$$\pi r_1^2 p \leqq 2\pi r_1 f; \qquad r_1 p \leqq 2f,$$

et la vitesse u des couches croît à partir de la périphérie jusqu'au rayon r_1 où elle est maxima, puis reste constante jusqu'au centre. Le phénomène est parfaitement visible sous pression assez forte. On voit dans le tube un noyau

(*) Séance du 6 février 1950.

([1]) On trouvera une bibliographie très complète de ces questions dans le livre *Viscosimetry* de Merrington, Londres.

central s'avancer en bloc avec une vitesse maxima et dépasser les couches adjacentes.

L'expression du débit total n'est pas simple; pour le calculer il faut déterminer la vitesse u des couches concentriques en fonction de r. En étudiant la répartition des forces de pression, de frottement et de viscosité sur un élément annulaire compris entre les rayons r_1 et $r+dr$, suivant une marche analogue au calcul classique relatif aux liquides, on trouve

$$u = \frac{r_0 - r}{\eta}\left[\frac{p}{4}(r_0 + r) - f\right].$$

Mais le frottement impose des conditions spéciales comme dans tous les phénomènes où il est présent. Cette formule n'est valable que depuis $r = r_0$ jusqu'à $r = r_1 = 2f/p$ où la vitesse u_1 devient maxima. A partir de r_1 jusqu'à $r = 0$ la vitesse reste égale à u_1.

Pour calculer le débit il faut former l'intégrale $\int_{r_1}^{r_0} u.\ 2\pi r\,dr$ et y ajouter le débit du noyau central $\pi r_1^2 u_1$. On trouve ainsi tous les calculs effectués

$$D = \frac{\Pi}{\eta}(r_0 - r_1)^2\left[\frac{p}{4}r_1^2 + \frac{p}{8}(r_0 + r_1)^2 - \frac{f}{3}(r_0 + 2r_1)\right].$$

Expression peu propre aux vérifications expérimentales, mais qui se simplifie beaucoup si l'on se propose d'étudier le débit au voisinage de la pression de décollage p_0. Nous écrivons $p = p_0 + \Delta p$, Δp restant toujours assez petit par rapport à p_0. Dans ces conditions le noyau central emplit presque tout le tube et r_1 peut être confondu avec r_0 dans les termes où ces deux valeurs n'interviennent pas par leur différence.

Pour calculer $r_0 - r_1$ il convient d'observer que le gradient de pression correspondant à la limite du décollage est $p_0 = 2f/r_0$. Si maintenant la pression devient $p_0 + \Delta p$, le rayon r_1 du cylindre central glissant en bloc est relié à la pression par la relation $p_0 + \Delta p = 2f/r_1$. En combinant ces deux relations on trouve $r_0 - r_1 = \Delta p . r_0/p_0$ et définitivement pour débit simplifié

$$D = \frac{\Pi r_0^4}{4\eta}\frac{\overline{\Delta p}^2}{p_0};$$

à partir de p_0 le débit est proportionnel au carré de l'excès de pression et en raison inverse de η. La mesure de p_0 d'une part et du débit au voisinage de p_0 d'autre part permettent de déterminer les deux coefficients f et η.

Après avoir ainsi vérifié expérimentalement la validité de la loi des efforts et l'existence des deux coefficients f et η, nous nous proposons d'aborder l'étude du comportement de ces deux coefficients à haute pression; des travaux antérieurs nous ayant conduit à l'élaboration d'un matériel expérimental adapté à ces recherches.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Prise de pression peu sensible à l'orientation et au nombre de Reynolds.* Note (*) de M. **André Fauquet**, présentée par M. Maurice Roy.

L'anémoclinomètre [1] est un anémomètre à sonde sphérique qui permet, grâce à des mesures de pression, de déterminer dans un courant fluide le vecteur vitesse et la pression statique p_0. Il est utilisable seulement dans l'intervalle de nombres de Reynolds de 2 000 à 200 000; son exécution, comportant le perçage d'un grand nombre de trous, ne permet guère un diamètre de sphère inférieur à 30^{mm}; sa vitesse maximum d'emploi est alors environ 100 m/sec en air type. Pour l'analyse fine d'un écoulement, ou pour la mesure de plus grandes vitesses, des diamètres plus petits sont nécessaires.

La sphère de l'anémoclinomètre comporte une prise de pression de référence et une prise de pression totale [2] [3], indépendantes de l'orientation, et quatre trous à $\alpha = 45°$ du pôle avant [4] pour déterminer l'incidence et le dérapage. Nous simplifions la *prise de pression de référence :* au lieu de 164 trous débouchant dans une chambre, nous en perçons huit et nous supprimons la chambre, ce qui permet la construction en une pièce au lieu de deux : d'où la réalisation possible de diamètres de l'ordre de 10^{mm} et la mesure de vitesses de l'ordre de 200 m/sec. Il se trouve en même temps que la nouvelle pression de référence est plus voisine de la pression statique que l'ancienne.

Dans l'écoulement irrotationnel autour d'une sphère, la moyenne p_{im} de la pression sur un cercle d'angle polaire α est, pour une inclinaison j entre le vent relatif au loin et l'axe du cercle,

$$p_{im} = p_0 + q\left\{1 - \frac{9}{4}\left[1 - \cos^2\alpha + \left(1 - \frac{3}{2}\sin^2\alpha\right)\sin^2 j\right]\right\},$$

q étant la pression dynamique au loin; p_{im} est donc indépendant de j pour $\sin^2\alpha = 2/3$, soit $\alpha \# 54°,7$; dans ce cas, $(p_{im} - p_0)/q = -0,5$.

Nous utilisons les distributions de la pression sur une sphère réelle données par Fage [5], et nos propres mesures faites sur une sphère à hampe de très petit diamètre. Nous calculons la moyenne p_m des pressions en n trous équidistants sur un cercle d'angle α, avec $n = 2, 4, 8$. Soit ε l'oscillation

(*) Séance du 6 février 1950.

[1] J. Kampé de Fériet, A. Martinot-Lagarde et G. Rollin, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 772.

[2] H. Peters, Druckmessung, in *Handbuch der Experimental Physik*, IV, 1, Leipzig, 1931, p. 499.

[3] A. Martinot-Lagarde, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 709.

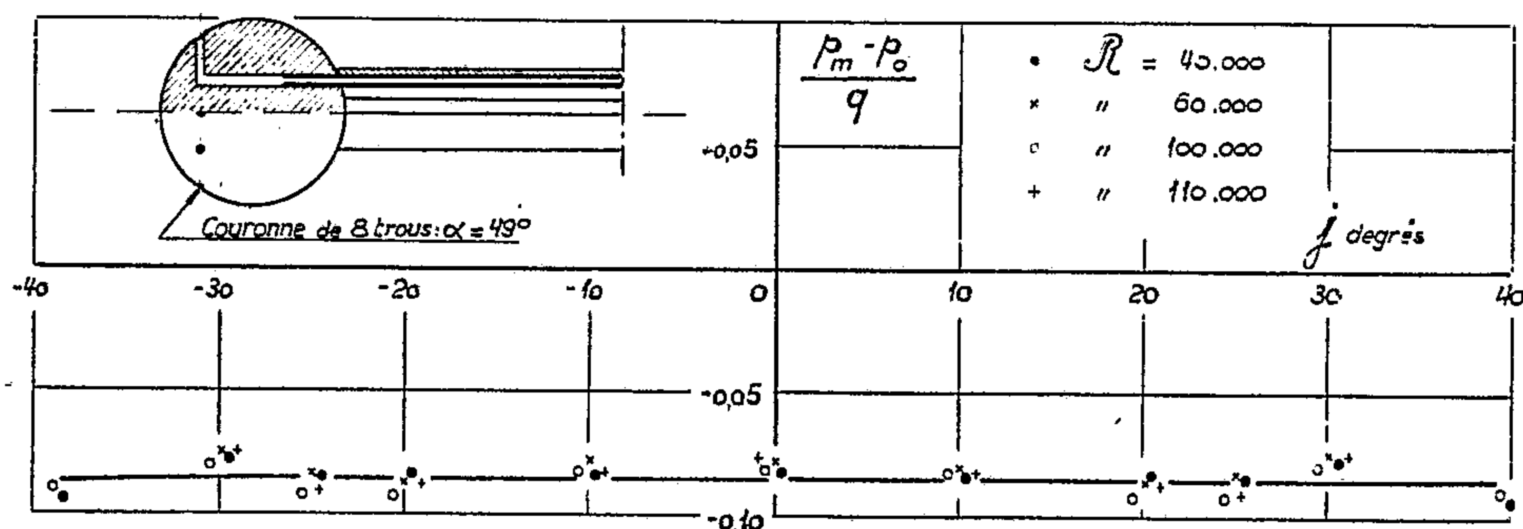
[4] B. G. van der Hegge Zijnen, *Proc. Roy. Acad. Amsterdam*, 5e série, 32, 1929, p. 658-663.

[5] *B. A. R. C.* (*Report and Memoranda*, n° 1766, 1936.)

de $K_p = (p_m - p_0)/q$ quand j varie de 0° à 30°; pour $n = 8$, nous trouvons que ε est très petit pour trois valeurs de α : 47°,5, 81° et 130°. Nous choisissons la position amont, où la distribution de la pression dépend le moins du nombre de Reynolds et où K_p est le plus voisin de zéro : $K_p = -0,05$ (au lieu de $-0,40$ sur l'anémoclinomètre initial).

Pour obtenir une moyenne de pressions, on ne peut remplacer les trous par une fente circulaire, à cause des courants non radiaux qui se produisent; il faut réunir les trous à une chambre par des tuyaux assez longs et fins pour que l'écoulement y soit laminaire et l'énergie cinétique négligeable ([6]). Tuyaux et chambre forment un dispositif à part, dit moyenneur.

Sur une sphère de 30^{mm}, à hampe de 12^{mm}, et avec le moyenneur, nous avons obtenu ε le plus petit pour $\alpha = 49°$. D'après la figure, qui donne K_p en fonction de j, on a $\varepsilon = 0,02$ et $K_p = -0,085$ pour $-40° < j < +40°$ et $\mathcal{R} < 110\,000$.



Sur l'anémoclinomètre, l'angle optimum est $\alpha = 49°$ pour lequel $\varepsilon = 0,02$ et $K_p = -0,04$ pour $-25° < j < +25°$ et $\mathcal{R} < 110\,000$.

De façon analogue, pour une sonde cylindrosphérique, α optimum vaut 53° : on obtient $\varepsilon = 0,02$ et $K_p = -0,26$ pour $-30° < j < +30°$ et $\mathcal{R} < 110\,000$.

Une couronne de trous analogue pourrait sans doute être réalisée au nez d'un fuselage d'avion pour mesurer la pression.

HYDRAULIQUE. — *Calcul des réseaux maillés par utilisation de réseaux différentiels.* Note de M. **Charles Dubin**, présentée par M. Émile-Georges Barrillon.

Le calcul des réseaux maillés conduit à la résolution d'un grand nombre d'équations simultanées.

Lorsqu'il s'agit de transports d'électricité, la forme linéaire de la loi d'écoulement rend possible la construction, à une échelle donnée, d'un réseau homologue du réseau à calculer et l'obtention des résultats par mesures d'intensité ou de potentiel sur un modèle.

([6]) Kiel, *Luftfahrtforschung*, 15, décembre 1938.

Lorsqu'il s'agit de transports de liquides ou de gaz, la loi d'écoulement n'étant plus linéaire, il n'est pas possible de fixer une homologie entre un modèle électrique et le réseau à calculer.

Soit $U_J - U_K = f(Q_{JK})$ la loi d'écoulement liant une fonction caractérisant l'état U du fluide aux deux nœuds J et K et le débit Q_{JK} dans le conducteur JK.

Cet état U sera par la suite désigné sous le nom de potentiel.

Pour tout état du réseau en régime permanent (état caractérisé par des valeurs des U_J et Q_{JK} compatibles entre elles) nous définissons comme suit un réseau différentiel :

Ce réseau a pour potentiel les dU du réseau donné et pour débits les dQ compatibles avec ces dU.

La différentiation des équations d'écoulement montre que : le réseau différentiel est homologue à un réseau à loi d'écoulement linéaire dont les tronçons auraient pour résistance $f'(Q_{JK})$, dérivée du potentiel par rapport au débit.

On peut donc établir un modèle électrique du réseau différentiel. Le calcul d'un réseau de distribution pour un fluide quelconque est ainsi ramené à une suite de mesures sur modèles électriques, modèles pour lesquels l'appareillage est depuis longtemps connu et utilisé par les laboratoires d'étude des producteurs d'électricité.

La méthode du réseau différentiel que nous avons imaginée et expérimentée pour les distributions d'eau s'applique également aux réseaux de distribution de gaz.

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *Théorème d'existence pour les équations de la gravitation einsteinienne dans le cas non analytique*. Note (*) de Mme **Yvonne Fourès-Bruhat**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Je me propose de résoudre le problème de Cauchy pour le système $R_{\alpha\beta} = 0$ *dans le cas non analytique* : on sait qu'un théorème d'unicité valable dans le même cas a été donné par Stellmacher (1). La surface (S) portant les données de Cauchy sera supposée orientée dans l'espace. Si (S) est représentée par $x^4 = 0$, je suppose de plus que les données de Cauchy satisfont sur (S) aux conditions d'isothermie :

$$\frac{1}{\sqrt{-g}}\frac{\partial}{\partial x^\lambda}(\sqrt{-g}\,g^{\lambda\mu}) = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial x^4}\left[\frac{1}{\sqrt{-g}}\frac{\partial}{\partial x^\lambda}(\sqrt{-g}\,g^{\lambda\mu})\right] = 0 \qquad \text{pour} \quad x^4 = 0$$

et je recherche les solutions du système d'Einstein écrit en coordonnées isothermes : le théorème d'unicité permet de montrer que de telles solutions satisfont effectivement aux conditions d'isothermie, donc au système $R_{\alpha\beta} = 0$.

(*) Séance du 6 février 1950.

(1) *Math. Ann.*, 1938, p. 136-152.

1. Ce problème est un cas particulier du suivant : problème de Cauchy pour le système :

$$(1)\qquad A^{\lambda\mu}\frac{\partial^2 W_S}{\partial x^\lambda\,\partial x^\mu}+f_S=0,$$

où $A^{\lambda\mu}$ et f_S ne dépendent que des W_S et de leurs dérivées premières. On aura le problème relativiste en posant $W_S=g_{\alpha\beta}$.

Les données de Cauchy sont :

$$W_S(x^i,0)=\varphi_S(x^i),\qquad \frac{\partial W_S}{\partial x^4}(x^i,0)=\psi_S(x^i).$$

Sur le système (1) et les données de Cauchy je ferai les hypothèses suivantes :

1° φ_S et ψ_S possèdent des dérivées partielles continues jusqu'aux ordres respectivement 6 et 5.

2° Il existe sur (S) un point où, pour les données de Cauchy adoptées, les équations (1) sont du type simplement hyperbolique.

3° Au voisinage de ce point les $A^{\lambda\mu}$ et f_S possèdent des dérivées partielles continues jusqu'au 5ᵉ ordre.

On posera

$$\frac{\partial W_S}{\partial x^\lambda}=W_{S\lambda},\qquad\ldots,\qquad \frac{\partial^5 W_S}{\partial x^\lambda\,\partial x^\mu\,\partial x^\nu\,\partial x^\xi\,\partial x^\omega}=W_{S\lambda\mu\nu\xi\omega}=u_s,$$

$$p_1^0=\sin\lambda_2\cos\lambda_3,\qquad p_2^0=\sin\lambda_2\sin\lambda_3,\qquad p_3^0=\cos\lambda_2,$$

et l'on désignera par $a_{\alpha\beta}^0$ et $a_0^{\alpha\beta}$ les coefficients de deux formes adjointes définies par

$$A^{\lambda\mu}(x_0^\alpha)X_\lambda X_\mu\equiv-(a_0^{i\alpha}X_\alpha)^2+(a_0^{ij}X_0)^2.$$

2. J'ai pu montrer que sous ces hypothèses toute solution 7 fois différentiable des équations (I) est nécessairement *solution d'un système d'équations intégrales* qui se subdivisent en trois groupes ayant respectivement au premier membre :

1° W_S et leurs dérivées jusqu'au quatrième ordre, soit :

$$W_S(x^\alpha)=\int_0^{x^4}W_{S4}(x^i,t)\,dt+W_S(x^i,0),\qquad\ldots,$$

$$W_{S\alpha\beta\gamma\delta}(x^\alpha)=\int_0^{x^4}W_{S\alpha\beta\gamma\delta 4}(x^i,t)\,dt+W_{S\alpha\beta\gamma\delta}(x^i,0).$$

2° *a*. Des quantités définissant le conoïde caractéristique de sommet $M^0(x_0^\alpha)$ et leurs dérivées par rapport aux p_i^0, soit :

$$x^i=x_0^i+\int_{x_0^4}^{x^4}T^i\,dx^4,\qquad p_i=p_i^0+\int_{x_0^4}^{x^4}R_i\,dx^4;$$

$$y_j^i=\int_{x_0^4}^{x^4}T_j^i\,dx^4,\qquad y_{jh}^i=\int_{x_0^4}^{x^4}T_{jh}^i\,dx^4,\qquad y_{jhk}^i=\int_{x_0^4}^{x^4}T_{jhk}^i\,dx^4;$$

$$z_j^i=\int_{x_0^4}^{x^4}R_j^i\,dx^4+\delta_j^i,\qquad z_{jh}^i=\int_{x_0^4}^{x^4}R_{jh}^i\,dx^4,\qquad z_{jhk}^i=\int_{x_0^4}^{x^4}R_{jhk}^i\,dx^4;$$

où T^i, R_i, ..., T^i_{jhk}, R^i_{jhk} sont des fractions rationnelles des $A^{\lambda\mu}$, de leurs dérivées partielles jusqu'au quatrième ordre, des $a^0_{\alpha\beta}$ et des fonctions précédentes W, p, y, z.

b. Des fonctions auxiliaires $\omega^r_s = \sigma^r_s/\sigma$ [où σ devient infini comme $(x^4 - x^4_0)^{-1}$] et leurs dérivées par rapport aux p^0_i, soit

$$\omega^r_s = \int_{x^4_0}^{x^4} V^r_s\, dx^4 + \delta^r_s, \qquad \omega^r_{si} = \int_{x^4_0}^{x^4} V^r_{si} dx^4, \qquad \omega^r_{sij} = \int_{x^4_0}^{x^4} V^r_{sij}\, dx^4,$$

où V^r_s, V^r_{si}, V^r_{sij} sont des fractions rationnelles des $A^{\lambda\mu}$, f_S et leurs dérivées partielles jusqu'au quatrième ordre et des fonctions w, p, y, z et ω.

3° Les dérivées cinquième u_s des w_S, soit

$$u_s(x^\alpha_0) = \int_{x^4_0}^{0} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} (\sigma^r_s f_r + u_r L^r_s)\, \Delta\, dx^4\, d\lambda_2\, d\lambda_3 + \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} [E^i_s \Delta p_i]_{x^4=0}\, d\lambda_2\, d\lambda_3,$$

f_r, L^r_s et E^i_s sont des polynomes des $A^{\lambda\mu}$ et f_S et de leurs dérivées partielles jusqu'au cinquième ordre, des fonctions W, p, y, z, ω, de σ et de ses dérivées jusqu'au deuxième ordre. E^i_s contient de plus les données de Cauchy et leurs dérivées partielles jusqu'aux sixième et cinquième ordre. Δ est un déterminant qui s'annule au sommet M^0 du conoïde caractéristique.

Ce troisième groupe d'équations est l'extension à notre problème de la formule de Kirchhoff et découle *des travaux de M. Hadamard*. La méthode utilisée est une généralisation d'une méthode donnée par Sobolev ([2]) et Christianovich ([3]).

Nous montrerons ailleurs que *le système d'équations intégrales obtenu* admet une solution qui est effectivement solution des équations (1).

ASTRONOMIE. — *Sur l'influence de l'attraction luni-solaire et de la variation du rayon terrestre sur la rotation de la Terre.* Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. André Danjon.

L'étude des horloges à quartz et des pendules à balancier nous a permis de déterminer une variation saisonnière dans la vitesse de rotation journalière de la Terre autour de son axe. Une partie de cette variation peut être expliquée par l'attraction luni-solaire.

Si W est le potentiel d'attraction luni-solaire, nous avons pour la variation de la vitesse de rotation de la Terre

$$\delta T : T = -2kg^{-1} r^{-1} W_p,$$

où k est une constante qui dépend de l'élasticité de la Terre ($k = 0{,}27$),

([2]) *Recueil Mathématique*, I, 1936.
([3]) *Math. Sbornik*, II, 1937.

g la pesanteur, r le rayon de la Terre et W_p la valeur de W au pôle terrestre.

Dans un lieu donné les pendules à balancier sont, de plus, influencées par la variation de la pesanteur. Cette influence se traduit par l'expression suivante

$$\delta t/t = (1 + h - 1{,}5k)\, g^{-1} r^{-1} W,$$

où h est une deuxième constante qui dépend de l'élasticité de la Terre ($h = 0{,}60$).

En conservant seulement les termes semi-mensuel et semi-annuel de l'attraction luni-solaire, nous avons

$$(1)\quad (\delta T : T)\, 10^3 = (0^s{,}323 + 0^s{,}128 \cos\Omega) \cos 2\mathcal{L} + 0^s{,}143 \cos 2\alpha$$

$$(\delta t : t)\, 10^3 = [-(0^s{,}714 + 0^s{,}283 \cos\Omega) \cos 2\mathcal{L} - 0^s{,}317 \cos 2\alpha] \left(1 - \frac{3}{2}\cos^2\varphi\right),$$

où Ω est la longitude du nœud ascendant et $\mathcal{L}$ la longitude de la Lune, α l'ascension droite du Soleil et φ la latitude du lieu.

La correction qu'il faut appliquer à la marche de l'horloge à quartz déterminée par les observations astronomiques pour la ramener à la marche régulière est égale à $\delta T/T$, tandis qu'il faut appliquer la correction suivante à la marche de la pendule

$$(2)\quad \left(\frac{\delta T}{T} - \frac{\delta t}{t}\right) 10^3 = [(1^s{,}037 + 0^s{,}411 \cos\Omega) - (1^s{,}071 + 0^s{,}424 \cos\Omega)\cos^2\varphi] \cos 2\mathcal{L} + (0^s{,}460 - 0^s{,}476 \cos^2\varphi) \cos 2\alpha.$$

La discussion des résultats de 5 années (1934-1937 et 1946-1947) nous a donné, pour les horloges à quartz et pour les pendules à balancier

$$(3)\quad (\delta T : T)\, 10^3 = 1^s{,}180 \cos(\alpha + 1^h 16^m) + 0^s{,}187 \cos 2(\alpha - 0^h 10^m)$$

$$(4)\quad \left(\frac{\delta T}{T} - \frac{\delta t}{t}\right) 10^3 = 0^s{,}908 \cos(\alpha + 2^h 7^m) + 0^s 392 \cos 2(\alpha + 0^h 57^m).$$

On remarque, en comparant les expressions (1) et (2) avec (3) et (4) que la majeure partie du terme semi-annuel peut être expliquée par l'influence de l'attraction luni-solaire.

De plus, le terme semi-mensuel lunaire peut changer l'amplitude du terme semi-annuel de $0^s{,}025 . 10^{-3}$ pour la rotation de la Terre et les horloges à quartz et de $0^s{,}044 . 10^{-3}$ pour les pendules à balancier à cause de la méthode de calcul employée.

Une partie du terme annuel peut être expliquée par la variation du rayon de la Terre. On peut écrire

$$\delta r/r = \beta\, (\delta T : T),$$

où $\beta = 0{,}5$, si la Terre tout entière participe à cette variation et si la variation de la rotation de la Terre est imputable à la seule variation du rayon terrestre. Si la couche extérieure de la Terre (jusqu'à une profondeur de 100^{km}) participe seule à la variation du rayon, le coefficient $\beta = 20$. La variation de la pesan-

teur, en tenant compte de l'élasticité de la Terre, est égale à

$$\frac{\partial g}{g} = -2\,\frac{1 + h - 1,5k}{h}\,\frac{\partial r}{r}$$

et la variation de la marche de pendule sous l'influence de cette variation de g sera égale à

$$\partial t/t = 2(dr/r) = 2\beta(\partial T/T),$$

étant donné que $(1 + h - 1,5k)/h = 2$.

Par conséquent, la correction qu'il faut ajouter à la marche d'une pendule à cause de l'irrégularité de la rotation de la Terre et de la variation du rayon sera

$$\frac{\partial T}{T} - \frac{\partial t}{t} = (1 - 2\beta)\frac{\partial T}{T}.$$

En tenant compte de (3) et (4), nous trouvons $\beta < 1/8$, c'est-à-dire que même si la Terre tout entière participe à la variation du rayon, cette variation ne peut expliquer qu'un quart du terme annuel de rotation de la Terre. Le reste pourrait être expliqué par la variation des conditions météorologiques.

La variation du niveau du sol peut être exprimée en partant de (3) et (4) par la formule suivante

$$\Delta H = 13\cos(\alpha - 1^{h}) - 9\cos 2(\alpha + 0^{h}14^{m})\,\mathrm{mm},$$

en tenant compte que

$$\Delta H = (\partial t/t).36,9^{mm}.$$

Cette variation saisonnière du niveau du sol pourrait expliquer les erreurs des nivellements modernes [1].

ASTROPHYSIQUE. — *Une Nova dans la constellation du Lézard.* Note de M. **Charles Bertaud**, présentée par M. André Danjon.

La comparaison d'un cliché photographique pris le 23 janvier 1950, entre $19^{h}23^{m}$ et $19^{h}43^{m}$ T. U., avec un autre cliché posé sur la même région du ciel le 22 janvier 1947, m'a permis de découvrir une nova ayant atteint la visibilité à l'œil nu. Elle se trouve dans la constellation du Lézard à proximité de Céphée et de Cassiopée, à la position approchée

$$\alpha = 22^{h}48^{m},0 \qquad \delta = +53^{\circ}2' \qquad (\text{Éq. } 1950,0).$$

Elle est voisine du plan galactique avec les coordonnées galactiques suivantes :

$$\lambda = 73^{\circ},1, \qquad \beta = -5^{\circ},5.$$

(1) J. Vignal, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 635.

Elle portera le nom de *Nova Lacertæ* 1950. C'est une circumpolaire observable le soir et le matin, deux heures avant l'aube.

Cette nova a pu être prise en observation le soir même et, dans la nuit du 24 au 25 janvier, des clichés en ont été obtenus à 35 minutes, 1 heure et 9 heures d'intervalle. Ils n'ont montré qu'une légère diminution d'éclat. Des photographies d'une région voisine avaient été prises antérieurement dans le but d'étudier une variable nouvelle que je venais de signaler dans le Cygne (¹). J'ai retrouvé la nova déjà très brillante sur le bord de l'une d'elles, celle du 22 janvier 1950 à 18^h30^m T. U. La plaque précédente avait été obtenue le 7 janvier et les observations avaient ensuite été interrompues à cause du mauvais temps. Elle ne montrait pas la nova. L'apparition de cette dernière a donc eu lieu entre le 7 et le 22 janvier, sans qu'il soit possible de préciser davantage avec les plaques de notre collection.

Du 22 janvier au 8 février 1950, 20 clichés ont été obtenus avec trois instruments différents. Ceux du Triplet Zeiss ($O = 17^{cm}$, $F = 120^{cm}$) ont été mesurés par M. F. Baldet et moi-même et les magnitudes photographiques déterminées par la méthode des diamètres. Nous avons utilisé provisoirement comme magnitudes des quatre étoiles de référence, celles qui figurent dans le *Henry Draper Catalogue* (H D C). Nous nous proposons de donner ultérieurement les magnitudes définitives par comparaison avec une séquence internationale. Les résultats sont les suivants :

MAGNITUDES PHOTOGRAPHIQUES.

Étoiles de comparaison.

N° HDC.	m_{pg}.	N° HDC.	m_{pg}.
216 057	6,03	216 394	7,14
215 869	6,77	216 438	8,2

Magnitudes de Nova Lacertæ 1950.

Date.	T. U.	m_{pg}.	Date.	T. U.	m_{pg}.
1950 Janvier....	22,77	5,9 *a*	1950 Janvier....	25,79	6,39 *b*
»	23,81	6,09	»	25,81	6,36 *b*
»	24,77	6,15	»	26,77	6,33 *b*
»	24,79	6,14	»	26,78	6,30 *b*
»	24,83	6,17	»	27,22	6,24 *c*
»	25,21	6,29	»	28,81	6,08

Date.	T. U.	m_{pg}.
1950 Janvier....	29,26	6,29
»	30,23	6,32
1950 Février....	7,24	7,00 *b*
»	8,77	7,50

a, Bord de plaque; *b*, Lune; *c*, Brume.

(¹) *Circ. Union Astronom. Intern.*, n° 1253, 20 janvier 1950.

Les étoiles HDC 215869 et 216394 sont très proches de la nova et de type A. La nova, qui était blanche au début des observations, est devenue nettement rougeâtre par rapport à ces deux étoiles. Le déclin a été continuel du 22 au 26 janvier de $5^m,9$ à $6^m,4$. Après une légère recrudescence d'éclat qui a duré deux jours, le déclin a repris. A ce moment nos observations ont été moins continues par suite du mauvais temps. Les dernières montrent pourtant que la nova a faibli de 1,6 magnitude en 17 jours. Quoique un peu plus rapide, elle s'apparente aux novæ dites *moyennes*, intermédiaires entre les novæ rapides et les novæ lentes typiques. La présence de la Lune et les conditions atmosphériques ne m'ont pas permis d'obtenir de spectre au prisme objectif de 10^{cm} d'ouverture. Des spectrogrammes obtenus aux Observatoires de Stockholm [2] et de Haute-Provence montrent plusieurs séries de raies d'absorption bordant de larges émissions et les raies interstellaires H et K.

La constellation du Lézard a déjà fourni deux novæ, l'une en 1910 et l'autre en 1936, toutes deux novæ rapides. Elles ont atteint respectivement les magnitudes 4,3 et 2,0 à leur maximum avec des amplitudes de 10 et 13 grandeurs.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le calcul de la probabilité de désintégration d'un noyau par capture d'électrons.* Note (*) de Mme **Pierrette Benoist-Gueutal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Lorsqu'on calcule habituellement la probabilité pour qu'un noyau de charge Z se transforme en l'isobare de charge Z — 1 par capture d'un électron périphérique dans un état *n*, on suppose implicitement que le cortège n'est pas modifié lors du processus et que les états quantiques individuels occupés par les électrons non capturés sont les mêmes dans l'état initial et dans l'état final. Cependant la non-orthogonalité des niveaux électroniques des éléments Z et Z — 1 entraîne une certaine probabilité non nulle de trouver les électrons non capturés dans des états finaux différents des états initiaux [1].

La probabilité de capture d'un électron dans un état donné n'a plus dès lors de signification physique. On doit calculer les probabilités de transition $P_{N_0 N'}$ depuis un état initial N_0 jusqu'aux différents états N' de l'atome final. On admet qu'une telle transition est accompagnée de l'émission, dans l'angle solide $d\omega$, d'un neutrino dont l'énergie q est la différence d'énergie entre les

---

(2) *Circ. Union Astronom. Intern.*, n° 1255, 31 janvier 1950.

(*) Séance du 30 janvier 1950.

(1) Cette intervention du cortège électronique dans les phénomènes de radioactivité a été signalée par R. Daudel et M. Jean, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 354 et étudiée dans le cas de la radioactivité β du tritium par Touschek (communication personnelle) et Migdal, *Journ. Phys. U. R. S. S.*, IV, 1941, p. 449.

états N_0 et N'. $P_{N_0N'}$ est alors donnée, dans le cas général, par une formule du type

$$(1) \qquad P_{N_0N'}\,d\omega = g^2 |M|^2 \frac{q^2}{4\pi^2} n \left| \int \varphi_\nu^*(x_1=\rho)\, \psi_f^*(x_2, \ldots, x_n)\, O^1 \psi_i(x_1=\rho, x_2, \ldots, x_n)\, dx_2 \ldots dx_n \right|^2 d\omega,$$

$\psi_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ et $\psi_f(x_2, \ldots, x_n)$ sont les fonctions d'onde antisymétrisées des électrons périphériques dans le champ des noyaux de charge Z et Z — 1 respectivement, $\varphi_\nu(x_1)$ décrit le neutrino émis et doit être pris en la position ρ du nucléon qui se transforme. O^1 est l'un des opérateurs d'interaction de la théorie de Fermi agissant sur les variables de la particule 1.

Application au cas du béryllium. — Le nuclide Be_4^7 se transforme en Li_3^7 par capture d'un des électrons du cortège. (Nous prendrons par exemple $O^1 = 1$.) Comme application des résultats précédents nous avons calculé la probabilité de transition depuis l'état fondamental de l'atome de Li. Dans ce cas particulier $P_{N_0N'}$ peut être considérée comme une meilleure évaluation de ce qu'on appelle ordinairement la probabilité de capture L.

Si l'on utilise pour décrire les électrons périphériques l'approximation de Hartree, on obtient, à partir de la formule (1), la probabilité totale de la transition considérée

$$(2) \qquad P_{N_0N'} = g^2 |M|^2 \frac{q^2}{4\pi^2} 2 |L(\rho)(AAB - Aab) + K(\rho)(a^2 b - ABa)|^2$$

$$A = \int K'(r)\, K(r)\, r^2 dr = 0{,}96, \qquad a = \int K'(r)\, L(r)\, r^2 dr = -0{,}13$$

$$B = \int L'(r)\, L(r)\, r^2 dr = 0{,}91, \qquad b = \int L'(r)\, K(r)\, r^2 dr = \quad 0{,}035$$

$K(r)$, $L(r)$, $K'(r)$ et $L'(r)$ sont les parties radiales des fonctions d'onde des états $1s$ et $2s$ des états fondamentaux du Be et du Li respectivement. A, B, a, b, ont été calculées au moyen des formes analytiques orthonormées données par Duncanson et Coulson (²). Pour évaluer $K(\rho)$ et $L(\rho)$ nous avons utilisé les résultats de la théorie du champ self-consistent de Hartree (³) On trouve finalement

$$(3) \qquad P_{N_0N'} = g^2 |M|^2 \frac{q^2}{4\pi^2} \times 29{,}32.$$

La théorie habituelle conduit, pour la probabilité comparable de capture L à la formule

$$P_L = g^2 |M|^2 \frac{q^2}{4\pi^2} 2 |L(r)|^2 = g^2 |M|^2 \frac{q^2}{4\pi^2} \times 14{,}36.$$

(²) *Proc. Roy. Soc. of Edinburgh*, A. 62, 1943, p. 37.

(³) *Proc. Roy. Soc.*, **149**, 1935, p. 210; **150**, 1935, p. 9.

On obtient donc une augmentation importante de la probabilité de capture L.

La probabilité totale de désintégration est $\sum_{N'} P_{N_0 N'}$. L'état $(1s)^2 2s$ étudié ci-dessus et l'état $(1s)(2s)(3s)$ ont des contributions du même ordre, le terme prépondérant correspond à l'état $1s(2s)^2$ et est comparable à la probabilité de capture K. Les autres termes sont négligeables.

La probabilité de capture n'étant plus exactement proportionnelle à la densité électronique dans le noyau, ce nouveau point de vue exige une modification de la façon théorique d'envisager le problème de la variation de période du Be en fonction de l'ionisation.

La variation relative de la charge du noyau lors de la capture diminuant pour les électrons profonds quand Z augmente, les corrections introduites ici deviennent rapidement négligeables.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une nouvelle conception des essaims de molécules dans les liquides.* Note de M. **Jacques Winter**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons essayé de tirer quelques conséquences de la notion d'essaim de molécules dans les liquides, c'est-à-dire de groupement de molécules, possédant une certaine cohérence, une certaine structure et une délimitation dans l'espace, variable dans le temps, mais définie à un instant précis ([1]). Cette notion nous paraît devoir être profondément modifiée, suivant les idées de la mécanique quantique, si l'on veut la rendre réellement utile. Voici comment :

On assimile le liquide à un ensemble de particules, supposées, en première approximation, contenues dans des cellules d'espace fixes, animées de mouvements thermiques, et sans interaction avec les voisines. La localisation de ces particules qui représentent une molécule entière supposée rigide, provient de l'action des molécules voisines, mais nous supposerons en première approximation que l'action d'ensemble de tous ces champs se ramènera à une localisation dans une cellule d'espace, à l'intérieur de laquelle le centre de gravité de la molécule oscillera librement. Les fonctions propres Ψ représentant les oscillations auront la forme

$$\cos(2n+1)\frac{\pi}{2}\frac{x}{d}, \qquad \sin 2n\frac{\pi}{2}\frac{x}{d},$$

suivant un axe des x, non nécessairement orienté suivant les files de molécules; $\Psi = 0$ pour $x = \pm d$. L'impulsion sera $K = (2n+1)\pi/2d$ ou $n\pi(x/d)$; et l'énergie $W = h^2 K^2/8\pi^2 M$ (n nombre quantique de la vibration suivant les x, M masse de la molécule, h constante de Planck). Puis en deuxième approxi-

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 859-861 et p. 1286-1287; **226**, 1948, p. 704-706.

mation, on introduit entre les diverses particules un potentiel d'interaction qui sera une fonction de $x-x'$ (x, x' écarts rapportés à leurs positions centrales des deux molécules voisines). Ce potentiel V proviendra de l'interaction de toutes les charges des deux molécules rigides; sans l'évaluer quantitativement, remplaçons V par les premiers termes de son développement en série de Fourier

$$\cos\frac{p\pi(x-x')}{2d}, \qquad \sin\frac{p\pi(x-x')}{2d}, \qquad (p \text{ entier}).$$

L'énergie d'interaction contient des termes tels que

$$\iint_{-d-d}^{+d+d} \cos^2(2n+1)\frac{\pi x}{2d}\cos^2(2n'+1)\frac{\pi x'}{2d}\left(\cos\frac{\pi x}{2d}\cos\frac{\pi x'}{2d}+\sin\frac{\pi x}{2d}\sin\frac{\pi x'}{2d}\right)dx\,dx'$$

qui seront nuls si n et n' sont nettement >1, ce qui est conforme aux ordres de grandeur possible des cellules. Il y aura aussi des termes avec échange des nombres quantiques n et n', termes de résonance, tels que

$$\iint_{-d-d}^{+d+d} \cos(2n+1)\frac{\pi x}{2d}\cos(2n'+1)\frac{\pi x}{2d}\cos(2n+1)\frac{\pi x'}{2d}\cos(2n'+1)\frac{\pi x'}{2d}$$
$$\times\left\{\cos\frac{\pi x}{d}\cos\frac{\pi x'}{d}+\sin\frac{\pi x}{d}\sin\frac{\pi x'}{d}\right\}dx\,dx'.$$

Il n'est pas nul si $n'=n\pm 1$. Ainsi, il y a une structure possible entre les divers états de vibration, c'est-à-dire une tendance à des successions régulières, alternances, ou constance, des nombres quantiques n. Cette structure peut présenter, si l'interaction atteint la limite théorique de Van der Waerden ([2]) un caractère d'ordre à grande distance, et constituerait un essaim, qui, ainsi, aurait une étendue macroscopique, si l'interaction est suffisante. On conçoit donc les essaims comme une succession régulière des nombres quantiques d'oscillation thermique. Des essaims différents peuvent donc se superposer comme les fonctions Ψ de la mécanique ondulatoire, avec des intensités c, l'énergie d'interaction de chaque essaim étant proportionnelle à c^4. Les essaims sans limite géométrique définie, et se superposant (tout au moins en l'absence de cause telles qu'un écoulement en régime permanent) permettent d'expliquer beaucoup mieux les attractions des macromolécules biologiques. Deux essaims identiques, d'intensités c et c', tendent à se superposer, car l'énergie d'interaction de la somme, en $(c+c')^4$, dépasse la somme de celles des composantes, et les macromolécules qui les créent s'attireront. De plus, des effets extérieurs, s'ajoutant à c et c', peuvent soit augmenter l'attraction, soit l'annuler si l'on obtient des intensités voisines de 1 et n'étant plus susceptibles de s'additionner. Il peut y avoir pour un même champ extérieur, augmentation puis blocage du phénomène.

([2]) *Zeitschrift für Physik*, 118, 1941, p. 473.

L'orientation des cellules et leurs dimensions seraient variables d'un point à un autre du liquide (écart macroscopique), mais non pratiquement d'une molécule à sa voisine. De sorte que la structure pourrait se propager en se modifiant légèrement; elle pourrait être imposée par une macromolécule extérieure, au voisinage de celle-ci, par ses vibrations propres. Il peut y avoir essaim imprimé à un liquide, mais non à un solide, dont les cellules sont rigides. Elle pourrait, semble-t-il, s'appliquer encore à des couches moléculaires adsorbées et expliquer les expériences de M. A. Rothen.

La notion de choc mécanique d'essaims, que nous avons voulu introduire pour expliquer la viscosité des liquides, n'est plus acceptable. Mais tout mouvement d'ensemble s'accompagne de bouleversements dans les essaims, donc de dégagement de leur énergie de liaison. La loi de Van der Waerden montre que si la température s'élève, le nombre des essaims possibles diminue, ce qui pourrait expliquer la diminution de la viscosité.

CAPILLARITÉ. — *Déplacement du ménisque de l'eau et de solutions mouillantes dans des capillaires mouillables ou non mouillables.* Note de MM. **Henri L. Rosano** et **Jean Guastalla**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Ce travail est préliminaire à l'étude de la dynamique du mouillage. Nous avons étudié la progression et la régression de l'eau et de solutions de *nekal* (isobutyl-naphtalène-sulfonate de Na) dans des capillaires de verre et des capillaires paraffinés.

Technique expérimentale (*fig.* 1). — Le capillaire *horizontal* est relié à un réservoir de grande section et à un tube vertical gradué en millimètres. La pression hydrostatique à l'entrée du capillaire est mesurée par la dénivellation h entre l'axe du capillaire et le niveau liquide dans le tube gradué ($p_1 = gh$). Au niveau du ménisque, la pression est $p_2 = -2A/r$ (mouillage parfait) ou $-2\Gamma/r$ (mouillage imparfait) (A, tension superficielle; Γ, tension d'adhésion; r, rayon du capillaire). Les mesures sont faites à la température du laboratoire. Appliquons avec Washburn (1) la loi de Poiseuille à une colonne cylindrique liquide de longueur variable l (limitée au ménisque) : $dl/dt = (r^2/8\eta l)\Delta p$ (Δp étant la perte de charge).

En intégrant et en remplaçant Δp par sa valeur, on a

$$l^2 = \frac{r^2}{4\eta}\left(gh + \frac{2A}{r}\right) t \qquad \text{(tubes mouillables)},$$

$$l^2 = \frac{r^2}{4\eta}\left(gh + \frac{2\Gamma}{r}\right) t \qquad \text{(tubes imparfaitement mouillables)}.$$

(1) Washburn, *Proc. Roy. Soc.*, 132 A, 1931, p. 167; *J. Soc. Dyers and Cols*, 49, 1933, p. 180

Résultats expérimentaux. — I. Eau pure. — *a. Déplacement de l'eau dans un tube de verre mouillé.* — Le capillaire a été au préalable rempli d'eau. La première mesure correspond à un recul du ménisque. Les expériences d'avancée se font dans un tube resté mouillé après une expérience de recul. Une série de mesures faites à diverses pressions hydrostatiques a permis de vérifier très correctement la relation (I), dans sa forme mathématique et dans ses coefficients ($l^2 = kt$). La variation de k en fonction de h est représentée par une droite inclinée (*fig.* 2 : tube de rayon $0^{cm},063$). Ces résultats confirment et étendent ceux de Washburn.

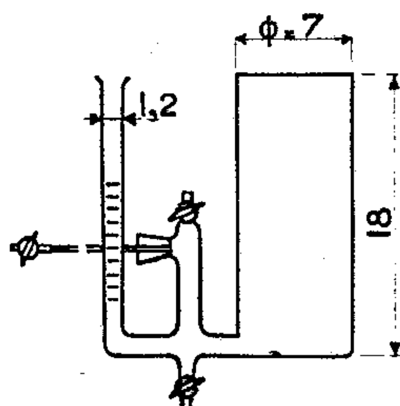


Fig. 1.

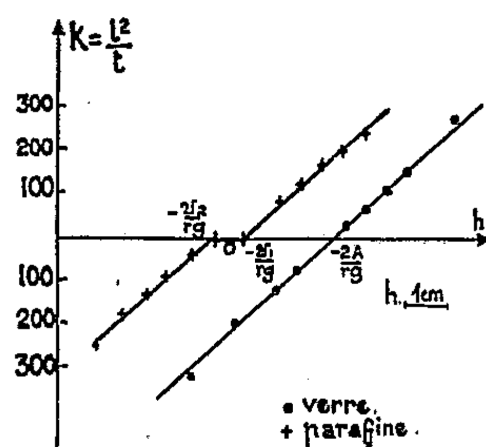


Fig. 2.

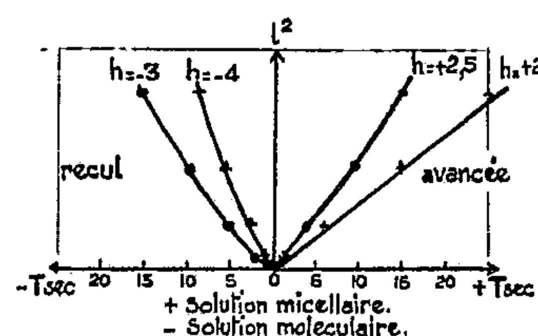


Fig. 3.

b. Avancée de l'eau dans un tube de verre sec. — Si le tube est séché par un courant d'air, le verre n'est plus parfaitement mouillable [fait signalé par divers auteurs (²)]. La relation (I') s'applique. Notons que la tension Γ décroît quand le temps de séchage croît.

c. Déplacement dans un tube paraffiné. — Si l'on porte l^2 en fonction de t, les expériences d'avancée sont bien représentées par des droites; les expériences de recul le sont aussi à condition de négliger les derniers points un peu aberrants (impuretés recueillies sur le ménisque au recul). La courbe représentant k en fonction de h est discontinue et faite de deux portions de droites parallèles (*fig.* 2 : tube de rayon $0^{cm},060$). On calcule par la formule I' deux valeurs Γ_1 et Γ_2 de la tension d'adhésion (hystérésis), respectivement constantes l'une pour toutes les expériences d'avancée (y compris l'immobilisation à l'avancée); l'autre pour toutes les expériences de recul (y compris l'immobilisation au recul).

II. Solutions de Nékal. — La tension superficielle A des solutions de Nékal à diverses concentrations a été étudiée au préalable. Le début du palier de la courbe A — c nous donne le point de micelles (ici $c = 0,2\ g/l$ environ).

a Solutions micellaires. — A l'avancée, la loi $l^2 = kt$ est vérifiée, la relation (I') s'applique. Au recul, l^2 n'est pas proportionnel à t. Le ménisque à

(²) Washburn, *loc. cit.*; Gouy, *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, 29, 1903, p. 156; Peak et Mc Lean, *Ind. Eng. Chem.* (*anal*), 6, 1934, p. 85; W. Haller, *Kolloïd. Z.*, 54, 1931, p. 9.

l'avancée tend à s'appauvrir des molécules qu'il laisse sur le tube, mais il est immédiatement nourri par la solution micellaire qui assure une concentration superficielle pratiquement constante. Au recul le ménisque s'enrichit anormalement non seulement des molécules laissées sur le tube à l'avancée, mais encore des molécules adsorbées à partir du liquide même (sursaturation croissante du ménisque d'où augmentation dynamique de Γ_2).

b Solutions moléculaires. — La loi $l^2 = kt$ ne s'applique ni à l'avancée ni au recul (*fig.* 3). Le ménisque s'appauvrit à l'avancée, surtout au début où la vitesse est grande, et s'enrichit notablement au recul (échanges trop lents). Il est à peine besoin de noter que l'avancée à pression hydrostatique nulle n'est possible que pour des valeurs positives de Γ_1 et que le recul à pression hydrostatique nulle n'est possible que pour des valeurs négatives de Γ_2.

En conclusion, la dynamique du mouillage suit (au moins pour des vitesses faibles) des lois prévisibles à partir des données statiques (tension d'adhésion), non seulement dans le cas de liquides purs, mais encore dans le cas d'une solution mouillante micellaire à l'avancée (ce sont les conditions habituelles d'emploi industriel).

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Expression simple de la distance focale et de l'aberration chromatique pour une famille étendue de lentilles électrostatiques.* Note (*) de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons donné une formule pour la distribution du potentiel le long de l'axe d'une lentille électrostatique indépendante. Nous allons l'utiliser pour calculer la distance focale et la constante d'aberration chromatique des lentilles électrostatiques de convergence moyenne et faible.

1. On a

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{16}\int_{-z_0}^{z_0}\left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^2 dz. \qquad (1)$$

Nous remplaçons $\Phi(z)$ par l'expression approchée

$$\Phi(z) = \Phi(0) + \frac{\Phi(z_0) - \Phi(0)}{z_0} z. \qquad (2)$$

La formule (1) donne alors

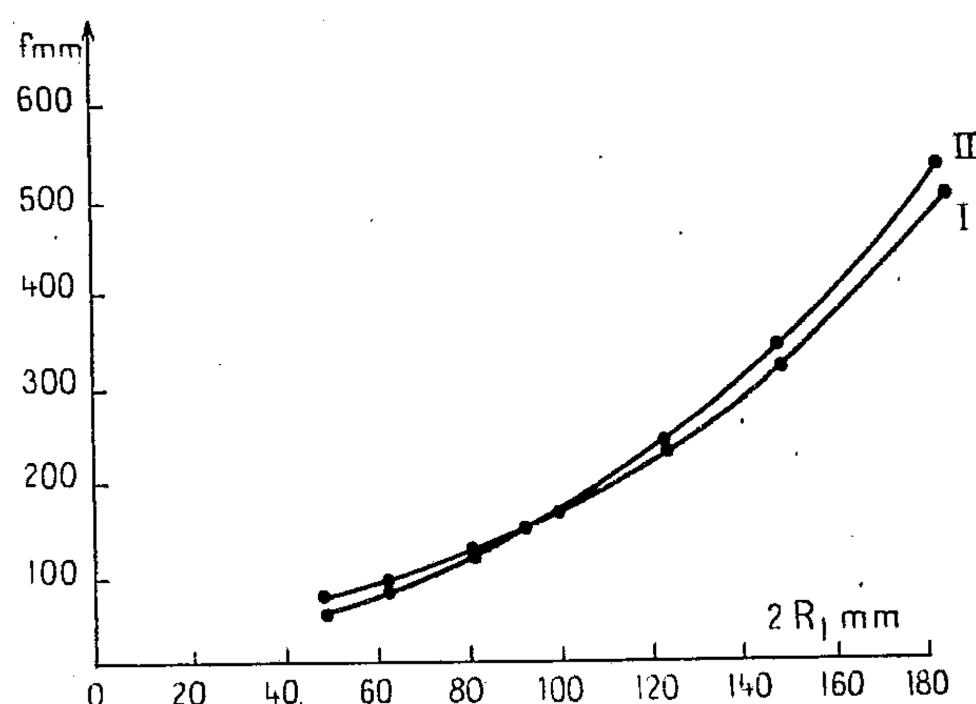
$$f = \frac{8}{3}\,\frac{\Phi(0)\,\Phi(z_0)}{[\Phi(z_0) - \Phi(0)]^2} z_0, \qquad (3)$$

où les potentiels au centre des électrodes $\Phi(0)$ et $\Phi(z_0)$ peuvent être déterminés à l'aide de ([1]).

(*) Séance du 6 février 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1311-1313.

A titre d'application, la figure 1 montre l'accord entre les valeurs des distances focales ainsi calculées et celles déterminées par H. Bruck ([2]) à partir des mesures effectuées à la cuve électrolytique.



Distance focale en fonction du diamètre $2R_1$ du trou central. I, courbe établie par H. Bruck à partir de mesures à la cuve; II, courbe calculée à l'aide de la relation (3).

2. La relation donnant le coefficient d'aberration chromatique

(4) $$C_c = \frac{3}{8}\,\frac{\Phi(z_F)}{[R'(z)]^2}\int_{-\infty}^{z_F}\frac{\Phi'^2}{\Phi^3}R^2\,dz$$

[où R est la distance à l'axe *réduite* $R(z)=r(z)\Phi^{-1/4}$] s'écrit avec nos hypothèses

$$C_c = \frac{3}{8}\,\frac{\Phi(z_0)}{[R'(z_0)]^2}[R(-z_0)]^2\times 2\int_0^{z_0}\frac{\left[\dfrac{\Phi(z_0)-\Phi(0)}{z_0}\right]^2}{\left[\Phi(0)+\dfrac{\Phi(z_0)-\Phi(0)}{z_0}z\right]^3}dz.$$

On trouve

(5) $$C_c = \frac{8}{3}\,\Phi(z_0)\,\frac{\Phi(z_0)+\Phi(0)}{[\Phi(z_0)-\Phi(0)]^2}z_0.$$

Le tableau suivant montre la comparaison entre les valeurs calculées à l'aide de (5) et celles obtenues à partir de mesures à la cuve ([2])

Lentille électrostatique indépendante à trois diaphragmes.

$V_1 = 0\,V$, $V_2 = 100\,V$, $z_0 = 127^{mm}$, $R_2 = 25^{mm}$.

Rayon du diaphragme central (mm).	Constante d'aberration chromatique (mm). calculée.	Constante d'aberration chromatique (mm). déterminée à partir de mesures à la cuve.
$R_1 = 97,75$	1700	1450
$R_1 = 75$	1230	1030
$R_1 = 62,5$	990	840
$R_1 = 50$	790	680

([2]) *Cahiers de Physique*, octobre 1944.

Les formules (3) et (5) sont valables tant que le rayon émergent coupe l'axe de la lentille dans le domaine $2/3 z_0 < z < \infty$.

OPTIQUE. — *Deux théorèmes relatifs aux couches minces et leurs applications.* Note (*) de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Théorème 1. — *Soit un milieu stratifié transparent présentant un plan de symétrie et qui est limité des deux côtés par le même milieu semi-infini homogène et transparent. Quel que soit l'état de polarisation de l'onde plane incidente, on a la relation*

$$(1) \qquad \delta_t - \delta_r = \frac{2\pi}{\lambda} n_0 d \cos\varphi_0 + \frac{\pi}{2},$$

en désignant par δ_r et δ_t les déphasages (comptés à partir de la limite inférieure du milieu stratifié) que subit l'onde incidente par réflexion et par transmission respectivement, par d l'épaisseur du milieu stratifié, par n_0 et φ_0 l'indice de réfraction du milieu homogène et l'angle d'incidence dans ce milieu et par λ la longueur d'onde dans le vide.

Rappelons qu'un milieu transparent est caractérisé par la propriété d'avoir un pouvoir inducteur spécifique ε réel. Le fait remarquable que met en évidence ce théorème est que la différence $\delta_t - \delta_r$ est indépendante de la loi de variation de ε et μ (μ = perméabilité magnétique) pour le milieu stratifié. Autrement dit, tous les milieux stratifiés d'épaisseur d tels que $\varepsilon(z) = \varepsilon(d - z)$, $\mu(z) = \mu(d - z)$ conduisent à la même différence $\delta_t - \delta_n$, à condition que l'on parte du même état de l'onde incidente dans le milieu homogène qui les limite. Il s'ensuit immédiatement de ceci une méthode de mesure de l'épaisseur des milieux stratifiés envisagés.

La démonstration du théorème est basée sur la remarque que la matrice qui caractérise le milieu stratifié transparent envisagé est celle d'un quadripôle réversible, c'est-à-dire de la forme $[M] = [M_{ij}]$ avec $M_{11} = M_{22}$, tandis que les termes non situés sur la diagonale principale sont des quantités imaginaires pures quelconques. Compte tenu de ceci et en appliquant les formules données dans ma thèse, on arrive rapidement au résultat indiqué.

Remarques. — 1° D'après la démonstration que nous venons d'indiquer, il s'ensuit que l'existence d'un plan de symétrie est une condition *suffisante* pour que la relation (1) soit vérifiée. Nous ne nous sommes pas préoccupé de savoir si elle est nécessaire.

2° Un cas particulier de ce théorème, celui d'une couche mince transparente entre milieux transparents identiques, a été signalé par F. Scandone et G. Leone [1].

(*) Séance du 6 février 1950.

[1] *Nuovo Cimento*, 1943, p. 1.

THÉORÈME 2. — *Soit une couche mince homogène, absorbante ou non, limitée des deux côtés par le même milieu homogène et transparent. L'expression* ${}_1r_{\parallel} \cdot {}_1t_{\perp} / {}_1r_{\perp} \cdot {}_1t_{\parallel}$ *est, pour une incidence donnée, indépendante de l'épaisseur de la couche (qui ne doit être ni nulle, ni infinie).*

Nous désignons par ${}_1r$ et ${}_1t$, ainsi que nous l'avons déjà fait, les coefficients de réflexion et de transmission de la couche mince, tandis que les indices $\parallel$ et $\perp$ indiquent la position du champ électrique par rapport au plan d'incidence. Si δ_r et δ_t sont les arguments respectifs de ${}_1r$ et de ${}_1t$, $\nu - i\varkappa$ étant l'indice complexe de la couche mince, notre expression s'écrit encore

$$\frac{{}_1r_{\parallel}}{{}_1t_{\parallel}} : \frac{{}_1r_{\perp}}{{}_1t_{\perp}} = \sqrt{\mathcal{R}}\, e^{i\Delta} = \sqrt{\frac{R_{\parallel}}{T_{\parallel}} : \frac{R_{\perp}}{T_{\perp}}}\, e^{i[\delta_{r\parallel} - \delta_{t\parallel} - (\delta_{r\perp} - \delta_{t\perp})]},$$

et l'on trouve que

$$\mathcal{R} = \frac{(\nu^2 + \varkappa^2)^2 \cos^4\varphi_0 - 2(\nu^2 - \varkappa^2)\, n_0^2 \sin^4\varphi_0 \cos^2\varphi_0 + n_0^4 \sin^4\varphi_0}{(\nu^2 + \varkappa^2)^2}.$$

$$\operatorname{tg}\Delta = \frac{2\nu\varkappa\, n_0^2 \sin^2\varphi_0}{(\nu^2 - \varkappa^2)\, n_0^2 \sin^2\varphi_0 - (\nu^2 + \varkappa^2)^2 \cos^2\varphi_0}.$$

Une onde incidente polarisée de façon quelconque éprouve par transmission ou par réflexion, une certaine modification de son état de polarisation. La constance de $\mathcal{R}$ et Δ lorsque d varie signifie que, pour une incidence donnée, la différence entre l'état de polarisation de l'onde transmise et celui de l'onde réfléchie est indépendante de l'épaisseur de la couche. On démontre facilement le théorème si l'on tient compte des expressions de R et T données dans une précédente Note (²). Ses applications sont évidentes. On pourra déterminer les indices et épaisseurs d'une couche métallique mince comprise entre milieux extrêmes identiques par mesures photométriques sous incidence oblique. Il suffira, par exemple, d'évaluer $\mathcal{R}$ pour deux incidences différentes pour en déduire ν et $\varkappa$ en résolvant un système de deux équations linéaires dont les inconnues sont $(\nu^2 + \varkappa^2)^2$ et $\nu^2 - \varkappa^2$. L'épaisseur de la couche s'obtient ensuite en résolvant une équation de la forme $\operatorname{ch}(ad) - \cos(bd) = A$; a, b et A étant des quantités connues. On peut aussi déterminer Δ pour deux incidences différentes, ce qui fournira un système de deux équations aux inconnues $\nu^2 - \varkappa^2$ et $\nu\varkappa$. On pourra, d'après la constance de $\mathcal{R}$ et de Δ avec φ_0, se rendre compte si ν et $\varkappa$ varient ou non avec l'épaisseur.

Remarques. — 1° Dans le cas d'une couche transparente d'indice n_1, $\mathcal{R}^{1/2} = (n_1^2 \cos^2\varphi_0 - n_0^2 \sin^2\varphi_0)/n_1^2$ et $\Delta = 0$. D'ailleurs le fait que $\Delta = 0$ est aussi une conséquence du théorème 1.

2° Le théorème 2 reste valable, même lorsque les milieux envisagés ont des perméabilités magnétiques différentes (mais réelles).

(²) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 997.

SPECTROSCOPIE. — *Cryostat métallique à température variable pour l'étude des spectres d'absorption.* Note (*) de Mlle **Janine Mayence** et M. **Boris Vodar**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude des spectres d'absorption des solides, liquides ou gaz aux basses températures dans un domaine spectral étendu a un intérêt évident, mais n'a pas fait jusqu'ici l'objet de travaux systématiques, peut-être à cause des difficultés expérimentales qu'elle présente. Ces difficultés sont surtout grandes quand il s'agit de réaliser des appareils compliqués en matière autre que le verre, ce qui est le cas par exemple dans l'ultraviolet lointain. Aussi avons-nous cherché à construire un dispositif robuste entièrement métallique pouvant être utilisé avec des *cuves d'absorption usuelles*. Le dispositif est spécialement destiné à l'ultraviolet, y compris la région de Schumann, mais il peut également servir avec des fenêtres appropriées dans l'infrarouge, ou bien être utilisé éventuellement en effet Raman ou pour des études photochimiques, car il comporte la possibilité d'une observation ou d'un éclairage transversal de la cuve.

Les cryostats permettant de réaliser des températures stables en dehors des points fixes sont des appareils où le refroidissement de l'enceinte est compensé par un chauffage électrique. Quelques cryostats de ce type pour études optiques ont déjà été décrits ([1]), ([2]), ([3]), ([4]), mais leur utilisation n'est pas encore très répandue.

L'appareil qui fait l'objet de cette Note repose sur le même principe. La cuve d'absorption, plongée dans une atmosphère d'hydrogène (sous une pression de 1^{cm} de Hg), se trouve dans un tube en cuivre portant un enroulement chauffant et situé lui-même dans une enceinte cylindrique; celle-ci est séparée d'une chemise annulaire remplie d'azote liquide par l'intermédiaire d'un espace à pression variable; cela permet la mise en température rapide (— 180° C en 1 heure et demie) par l'introduction d'hydrogène. Le volume annulaire contenant l'azote communique directement avec un réservoir sphérique de cinq litres analogue à ceux des bidons commerciaux. Le tout est isolé par un bon vide qui est fait par une pompe à palettes et amélioré et conservé grâce à du charbon adsorbant. En cours de fonctionnement le pompage n'est pas nécessaire, et la réserve est suffisante pour une durée de 12 heures environ.

A côté de la cuve, dans l'enceinte centrale, se trouve un thermomètre à résistance de platine qui mesure et règle la température par l'intermédiaire

(*) Séance du 6 février 1950.

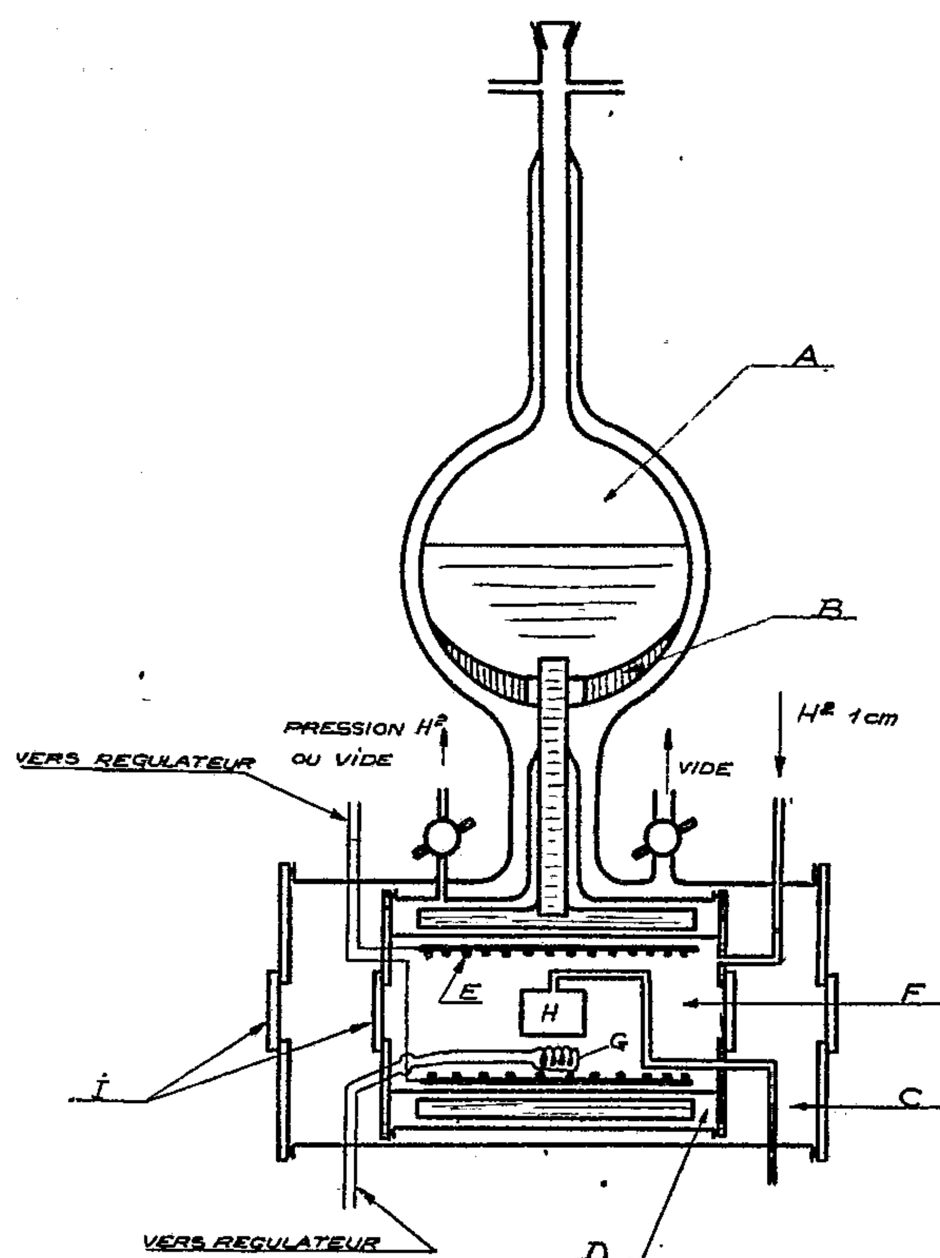
([1]) A. C. Menziès et H. R. Mills, *Proc. Roy. Soc.*, **148**, 1935, p. 407.

([2]) H. Thomas, *Ann. der Phys.*, 38, 1940, p. 601-608.

([3]) B. Vodar, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1324.

([4]) B. Vodar, Y. Jardillier et J. Mayence, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1493.

d'un régulateur à thyratron (5) sans aucun contact mécanique, qui agit sur le courant dans la résistance chauffante (puissance environ 15 W). On a obtenu ainsi — $160^{\circ} \pm 0{,}05^{\circ}$ C pendant plusieurs heures.



A, vase à azote liquide; B, charbon actif; C, vide général; D, vide ou hydrogène; E, enroulement chauffant; F, enceinte cryostatique remplie de H_2; G, thermomètre à résistance; H, cuve d'absorption; I, fenêtres.

Le cryostat est construit pour laisser passer la lumière dans deux directions rectangulaires (dont l'une seulement est visible sur la figure). Actuellement il est muni de fenêtres de quartz; sur la partie interne froide la fixation étanche de ces fenêtres est faite, soit par collage au vernis *glyptal* dans le cas du quartz fondu sur l'invar, soit par des rodages plans graissés dans le cas du quartz sur le laiton.

Les cuves employées jusqu'ici étaient en quartz et avaient des épaisseurs diverses entre 50^{mm} et quelques microns. Le gaz à étudier y entre par un tube d'argent soudé au pyrex.

L'appareil peut être adapté à un spectrographe à vide; dans ce cas les fenêtres internes seules subsistent. D'autre part, il peut être utilisé avec des cuves et

(5) R. Aumont, *Dipl. Ét. Sup.*, 1948, et *R. G. E.* (en cours d'impression).

des fenêtres en halogénures alcalins; des essais de collage de ces matériaux sont en cours.

Enfin, il est possible d'abaisser la température de fonctionnement par pompage sur l'azote ou par introduction dans le cylindre interne, suffisamment spacieux (100×150^{mm}), d'une enceinte supplémentaire contenant de l'hydrogène liquide.

RAYONS X. — *Sur l'effet de la largeur de fente du microphotomètre sur la largeur enregistrée des raies dans les spectres de rayons* X. Note (*) de M. **Bhaskar Gangadhar Gokhale**, transmise par M. Frédéric Joliot.

La mesure des largeurs des raies dans les spectres de rayons X par la méthode photographique photométrique entraîne divers effets d'élargissement dans les différentes étapes de l'enregistrement. En particulier, des effets d'élargissement importants apparaissent dans l'enregistrement microphotométrique : défaut de mise au point de l'image de la fente sur la gélatine de la plaque photographique, largeur de la fente, etc. C'est l'influence de cette largeur de fente que je me suis proposé d'étudier.

Théoriquement, en effet la fente exploratrice doit être infiniment étroite. Pratiquement elle a une largeur finie et la largeur de la raie telle qu'elle est enregistrée par le microphotomètre est une fonction du rapport de la largeur de fente à la largeur vraie de la raie. Pour calculer cette fonction, on peut adapter la méthode que Ramachandran ([1]) a utilisée pour calculer une fonction analogue.

Parmi les différentes expressions qui ont été proposées pour représenter convenablement la distribution spectrale de l'intensité dans une raie de rayons X, on choisit, parce qu'elle permet de mener les calculs à bonne fin, l'expression

$$I_\lambda = I_{\lambda_0} \exp\left[-\frac{(\lambda-\lambda_0)^2 \log 2}{\omega^2}\right], \tag{1}$$

où λ_0 est la longueur d'onde de l'intensité maxima I_{λ_0}, et ω la *demi*-largeur de la raie à demi-hauteur.

Si la raie est diffractée par un dispositif ayant une dispersion $D = dx/d\lambda$, et si l'on mesure les abscisses x à partir de l'ordonnée correspondant au maximum d'intensité I_0 [de sorte que $(\lambda-\lambda_0)\,D = x$ et $\omega D = l_0$], la raie diffractée aura une distribution d'intensité donnée par

$$I_x = I_0 \exp\left(-\frac{x^2 \log 2}{l_0^2}\right). \tag{2}$$

(*) Séance du 6 février 1950.

([1]) *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, 20 A, 1944, p. 245.

Si cette distribution est ensuite analysée par un enregistreur ayant une fente de largeur $2s$, l'enregistrement sera représenté par

$$(3)\qquad I_x = \int_{x-s}^{x+s} I_0 \exp\left(-\frac{x^2 \log 2}{l_0^2}\right) dx.$$

En posant $x\sqrt{\log 2}/l_0 = X$ et $s\sqrt{\log 2}/l_0 = S$, on peut transformer cette intégrale dans la forme

$$\int_{X-S}^{X+S} e^{-X^2} dX.$$

Le rapport l/l_0 de la demi-largeur enregistrée à la demi-largeur vraie peut alors être calculé pour les différentes valeurs du rapport s/l_0 de la demi-largeur de la fente à la demi-largeur vraie de la raie à l'aide des tables de l'intégrale d'erreur

$$\Theta(x) = \int_0^x e^{-x^2} dx.$$

Dans le cas où la raie diffractée est enregistrée sur une plaque photographique, et celle-ci explorée ensuite par un microphotomètre, ce calcul reste valable à condition que la plaque soit modérément exposée. Dans ce cas, les densités optiques sont sensiblement proportionnelles à l'énergie des rayons X incidents et l'on peut prendre l'équation (2) comme représentant la distribution des densités optiques sur la plaque.

Dans le but de voir dans quelle mesure le calcul théorique concorde avec l'expérience, j'ai mesuré la largeur de la raie $K\alpha_1$ de 50 Sn avec des largeurs croissantes de la fente du microphotomètre Moll de Kipp et Zonen. Le spectre K de 50 Sn a été photographié par une méthode antérieurement décrite ([2]). Le rapport d'agrandissement était de 50 dans tous les enregistrements microphotométriques qui ont été faits sur le même papier sensible afin d'éviter les effets de rétrécissement.

Les différents rapports s/l_0 utilisés, et les valeurs correspondantes de l/l_0 mesurées et calculées sont donnés dans le tableau ci-dessous.

s/l_0	0,108	0,309	0,515	0,720	0,926	1,132	1,338	1,544
l/l_0 calculé	1,0027	1,022	1,063	1,125	1,212	1,324	1,460	1,617
l/l^0 mesuré	1,00	1,05	1,07	1,11	1,12	1,14	1,12	1,11

On a pris pour l_0 la valeur expérimentale trouvée pour l quand s/l était égal à 0,108. Ce procédé est légitime parce que, comme le montre la valeur calculée, l'erreur est alors inférieure à 0,3 %.

On remarque que l'accord entre les valeurs calculées et expérimentales est

([2]) B. G. GOKHALE, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 169.

satisfaisant jusqu'à $s/l_0 = 0,720$. Ensuite les valeurs expérimentales restent constantes. Le microphotomètre que j'ai employé ne permet pas en effet d'observer un accroissement de largeur au delà de $s/l_0 = 0,720$, parce que, comme l'ont montré des expériences complémentaires, le faisceau lumineux qui tombe sur le thermocouple devient trop large pour être complètement utilisé.

Il est évident que conformément au calcul, des fentes de plus en plus larges doivent donner aux raies enregistrées des largeurs croissantes qui deviennent égales à celles de la fente pour $s/l_0 \geq 3$.

RADIOACTIVITÉ. — *Structure fine du spectre magnétique alpha du plutonium* 239. Note de MM. **Salomon Rosenblum**, **Manuel Valadares** et **Bertrand Goldschmidt**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons pu étudier par la méthode de focalisation magnétique le spectre alpha de Pu 239 au Laboratoire de l'Aimant-Permanent. Comme c'est le cas pour les autres éléments à vie très longue, l'étude détaillée du spectre est très laborieuse; il nous a toutefois semblé intéressant de donner dès à présent les résultats *préliminaires* obtenus qui sont déjà basés sur l'examen de 150000 champs microscopiques. Remarquons que c'est la première fois que l'on a pu étudier le spectre magnétique alpha d'un élément obtenu artificiellement.

La mesure a été faite à partir de trois sources d'intensité différente, contenant respectivement environ un, trois et dix microgrammes de plutonium 239. Le plutonium avait été déposé par évaporation d'une solution de nitrate de cet élément sur un support en or; il provenait d'un traitement chimique effectué à l'usine du Bouchet du Commissariat à l'Énergie atomique, sur une barre d'oxyde d'uranium qui avait séjourné plusieurs mois dans la pile de Châtillon.

L'oxyde d'uranium avait été dissous dans l'acide nitrique et traité par une méthode d'extraction par solvants organiques, afin de séparer le plutonium de l'uranium et des produits de fission. Quelques milligrammes de plutonium, élément qui n'existe pas dans la nature, ont été ainsi isolés pour la première fois en France, en novembre 1949. Le produit fut purifié par une suite de précipitations successives de fluorure et d'iodate pour être finalement transformé en hydrate et nitrate; une faible fraction de ce dernier sel a servi pour le présent travail.

Nous avons employé la technique courante du Laboratoire pour l'analyse des spectres alpha [1].

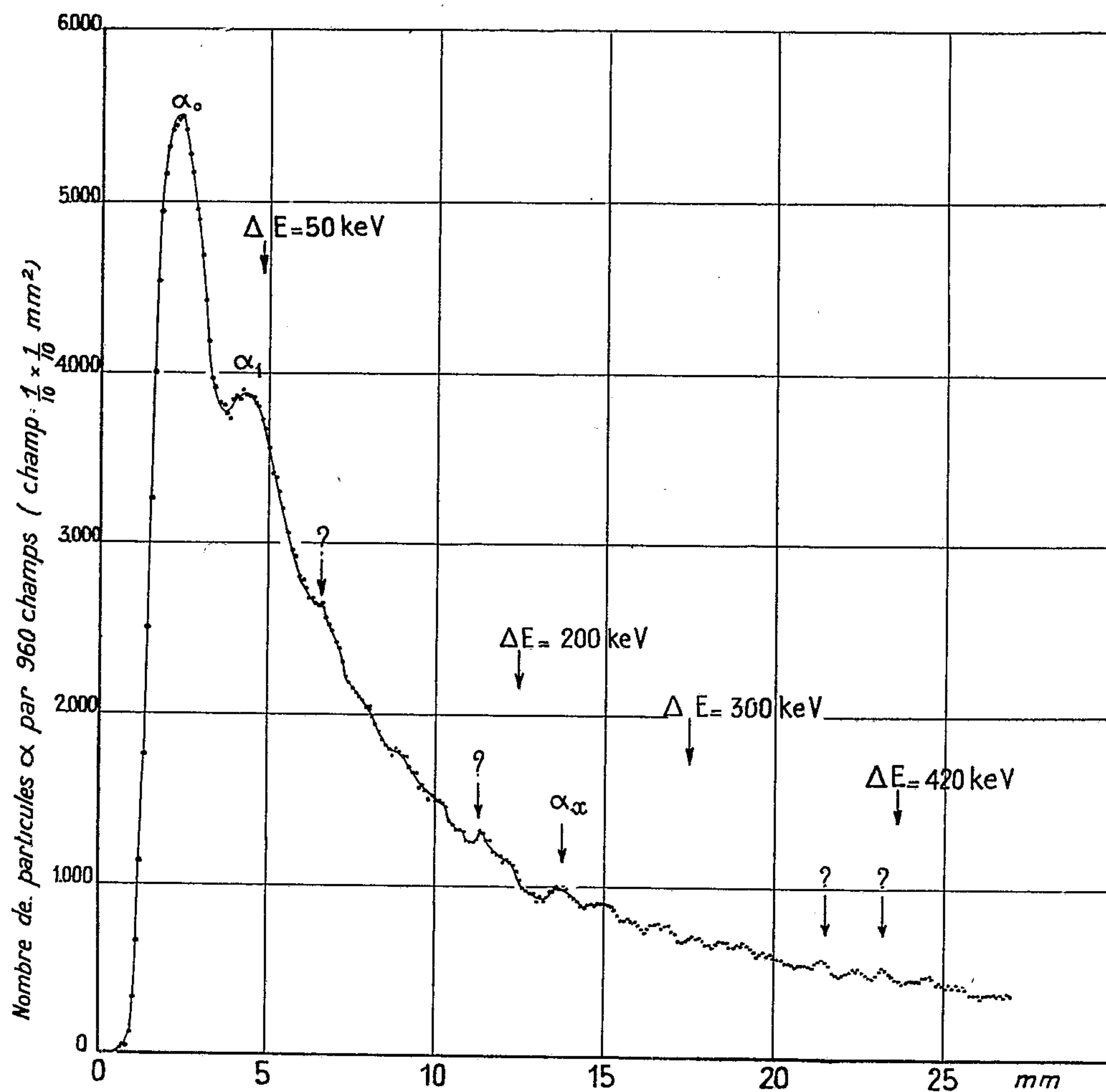
Le temps de pose a varié de 8 à 30 jours. On distingue la raie principale

---

[1] Rosenblum, *Nucleonics*, 4, 1949, p. 38.

du spectre à l'œil nu pour des poses dépassant 20 jours. Les résultats obtenus à l'aide de la source de 3[μs] sont donnés dans la figure ci-dessous (²).

Le spectre consiste essentiellement en deux groupes forts séparés d'environ 50 keV. D'autres groupes plus faibles dont les intensités ne dépassent pas quelques pour-cents de l'intensité de α_0, semblent exister; l'intensité estimée pour α_1 est de l'ordre de 30 %. Cette décroissance rapide des intensités avec



l'énergie rend ce spectre semblable à ceux que l'on obtient dans les transmutations pour lesquelles la différence de spin entre les états fondamentaux de l'élément émetteur alpha et de son descendant est nulle; c'est le cas par exemple, de la transmutation ionium → radium (³), dont le spectre alpha

(²) On porte de dixième de millimètre en dixième de millimètre le nombre des rayons α contenus dans un rectangle de 240 × 4/10 mm².

(³) ROSENBLUM, VALADARES et VIAL, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1088.

ressemble beaucoup à celui que nous venons d'étudier. Il est probable, par conséquent, que le spin de Pu 239 ait la même valeur que celui de AcU (235).

Les tables de Seaborg et Perlman (4) attribuent au plutonium les quanta γ de 50, 200 (faible), 300 (faible) et 420 keV. Nous rapprochons la différence $\Delta E(\alpha_0 - \alpha_1) \cong 50$ keV du rayonnement γ de 50 keV et le rayonnement de 200 keV pourrait être rapproché de α_x qui se détache le mieux de la courbe. Si un groupe existe vers 400 keV, il doit être faible.

Nous avons déterminé l'énergie du groupe α_0 par rapport à la raie α_1 du thorium C, dont le spectre a été obtenu sur un même cliché, où était enregistré le spectre du plutonium. Si l'on admet pour α_1 du thorium C l'énergie 6089 keV, on détermine pour α_0 de Pu la valeur 5147 keV qui est en excellent accord avec la valeur 5140 keV donnée par Jesse et Forstat (5).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la théorie électrostatique de la liaison hydrogrogène dans le nylon.* Note (*) de Mme **Pauline Bourre-Maladière**, présentée par M. Jean Cabannes.

D'après R. E. Richards et H. W. Thompson (1), le spectre des amides-N-monosubstituées présente à l'état solide une bande à 3270 cm⁻¹, qui correspond à un groupe N—H associé. En solution, on a simultanément une bande à 3430 cm⁻¹ (N — H libre) dont l'intensité diminue quand la concentration augmente. Elliot, Ambrose et Temple (2) retrouvent ces deux bandes pour le nylon, la bande d'association étant à 3290 cm⁻¹. Pour ce dernier corps, nous avons essayé de voir si l'abaissement de fréquence N—H dans l'association pouvait être prévu théoriquement en tenant compte seulement d'effets électrostatiques. Le calcul qui suit la méthode établie pour l'eau (3) et les acides (4), utilise et discute les meilleures données expérimentales. Malgré d'assez grandes incertitudes, il indique nettement que ce phénomène doit essentiellement être dû à une perturbation électrostatique. Nous avons adopté les valeurs suivantes, pour les distances en Å et pour les angles en degré :

$$\text{C—N} = 1{,}41;\quad \text{C—C}' = 1{,}52;\quad \text{C}'\text{—O} = 1{,}25;$$
$$\text{C}'\text{—N} = 1{,}35\ (^5);\quad \text{C—C} = 1{,}54\ (^6);$$
$$\widehat{\text{CCN}} = 112^\circ,\quad \widehat{\text{CNC}'} = 118^\circ,\quad \widehat{\text{NC}'\text{C}} = 118^\circ\ (^5),\quad \widehat{\text{CCC}} = 112^\circ\ (^7).$$

(4) Seaborg et Perlman, *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1945, p. 585.

(5) *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 926.

(*) Séance du 6 février 1950.

(1) *J. Chem. Soc.*, 1947, p. 1248.

(2) *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 877.

(3) Bauer et Magat, *J. de Phys.*, 8, 1938, p. 319.

(4) Maladière, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1600.

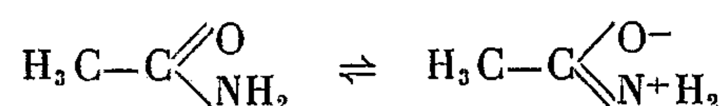
(5) Huggins, *Chem. Rev.*, 32, 1943, p. 195.

(6) Pauling, *The Nature of the Chemical Bond*, p. 164.

(7) Pauling, *The Nature of the Chemical Bond*, p. 83.

N—H fait un angle de 18° avec le plan de la chaîne (8). C′ désigne le carbone d'un groupe C=O. Ces différentes valeurs s'accordent avec les mesures de Écochard (9) dont on peut déduire la longueur de la liaison hydrogène dans le nylon : N—H, ..., O = 2,87 Å (2,70 dans les alcools, 2,76 dans les acides).

Pour la distribution des charges, il est nécessaire de faire des approximations. Nous supposons que les liaisons C—C et C—C′ sont purement covalentes et admettons que les liaisons C—H sont 8 % ioniques (10). Des moments électriques $\mu_{NH_3} = 1,46$ D et $\mu_{(CH_3)_3N} = 0,64$ D (11), on déduit les moments des liaisons $\mu_{N-C} = 0,2$ D et $\mu_{N-H} = 1,3$ D. En accord avec cette dernière valeur, on peut admettre que la liaison N—H est 25 % ionique. Nous pouvons essayer de voir dans une molécule plus simple, l'acétamide, si le fait qu'un N et un O sont liés au même carbone modifie le moment des liaisons C—N et C=O. Nous admettrons pour ce dernier corps la structure fournie par Senti et Harker (12). En supposant que les moments $\mu_{C-H} = 0,4$ D et $\mu_{N-H} = 1,3$ D ne sont pas changés, on peut, partant du moment de la molécule entière $\mu_{CH_3CONH_2} = 3,6$ D (11) calculer des couples de valeurs compatibles pour $\mu_{C=O}$ et μ_{C-N}. Si $\mu_{C=O} = 2,3$ garde sa valeur, il faut que $\mu_{C-N} = 0,4$ D. D'autre part, sa longueur passe de 1,47 Å à 1,38 Å. Augmentation du moment et diminution de la distance signifieraient augmentation du caractère ionique de la liaison C—N (7 % au lieu de 3 %). Pourtant la possibilité de résonance suivante qui existe aussi dans le nylon



semble indiquer le contraire. La liaison C — N doit être au plus 3 % ionique. Étant donné qu'il est difficile d'obtenir une évaluation précise, nous garderons cette valeur, et admettrons en conséquence que la liaison C = O est 47 % ionique. Sa polarité est donc renforcée, ce qui est conforme au schéma de résonance indiqué. La distribution des charges ($\times 10^{10}$ u.e.s.) indiquée sur la figure tient compte de ces diverses considérations.

L'énergie d'une liaison N — H est représentée par la fonction de Morse suivante, $D = 83,7\,[1 - e^{2,365\,(1,04-r)}]^2 - 83,7$ kcal/mol. Les actions électrostatiques d'une chaîne sur un groupe N — H d'une chaîne voisine constituent la perturbation du 1er ordre et abaissent la fréquence de 3430 à 3340 cm^{-1}.

(8) ELLIOT, AMBROSE et TEMPLE, *Nature*, 163, 1949, p. 567.

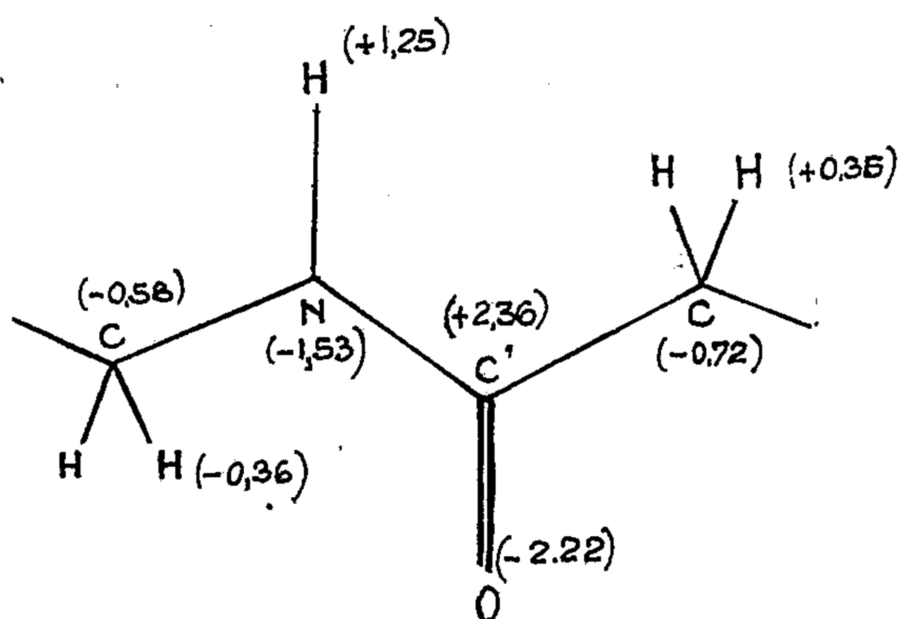
(9) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 656.

(10) WHELAND, *The Theory of resonance*, p. 122.

(11) R. J. W. LE FEVRE, *Dipole moments* (1948).

(12) *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2008.

Cette fréquence est encore diminuée par la perturbation du 2e ordre (moment induit) dont le calcul très approximatif donne une limite inférieure pour la



fréquence, qui doit donc être comprise entre 3280 cm^{-1} et 3340 cm^{-1}. L'expérience la trouve à 3290 cm^{-1}. Un calcul approché tenant compte des effets électrostatiques, de la dispersion et de la répulsion, donne pour l'énergie de la liaison hydrogène dans le nylon la valeur de 3^{kcal}.

CHIME PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs d'adsorption de l'oxyde nitreux par le charbon actif.* Note (*) de M. **Jean Perreu**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons mesuré à 0° C, avec le calorimètre à glace de Bunsen, les chaleurs d'adsorption de l'oxyde nitreux, N_2O, par le charbon actif de noix de coco (1).

1. Préparation. — Le gaz pur N_2O a été obtenu en réduisant le nitrite de sodium par du chlorhydrate d'hydroxylamine. On emploie une solution concentrée de chacun des deux sels et l'on fait tomber la solution de nitrite sur celle de chlorure. Le gaz dégagé barbote dans de la potasse et dans une solution de SO_4Fe qui le débarrassent des vapeurs rutilantes et du NO susceptibles de se former. Il est enfin desséché sur Cl_2Ca et P_2O_5.

2. Mesure des chaleurs intégrales d'adsorption Q_c. — Dans ces expériences, l'adsorption gazeuse est rapide, et l'on obtient assez vite une forte chute de pression.

Voici les résultats obtenus :

(*) Séance du 6 février 1950.

(1) J. Perreu, *Bulletin de la Société chimique*, 5e série, 16, 1949, p. 43.

m (mg).	C.10⁴ (mol).	Q_c (calg).	Q'_c (calg. moléculaire).	p finale (cm de mercure).
3,21	0,73	0,70	9 580	0,5
6,21	1,41	1,31	9 290	0,9
6,32	1,43	1,33	9 270	1,1
6,69	1,52	1,40	9 210	1,4
9,42	2,14	1,92	8 970	2,2
12,54	2,85	2,48	8 700	4,2
14,78	3,36	2,84	8 450	4,8
16,53	3,75	3,16	8 420	5,7
18,26	4,15	3,31	7 970	6,6
20,21	4,59	3,73	8 120	7,8
20,74	4,71	3,76	7 980	8,7
23,64	5,37	4,30	8 000	9,5
25,25	5,74	4,49	7 820	9,9
27,94	6,35	4,86	7 650	10,8
29,47	6,70	5,17	7 710	11,2
30,49	6,92	5,30	7 650	12,8
33,04	7,51	5,62	7 480	14,6

La fonction $Q_c=f(c)$ est représentée par la figure 1, ci-dessous :

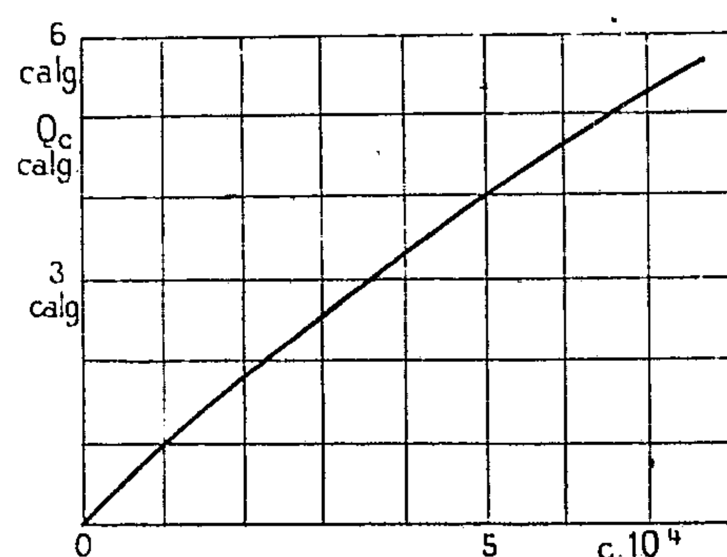


Fig. 1. — $Q_c=f(c)$.

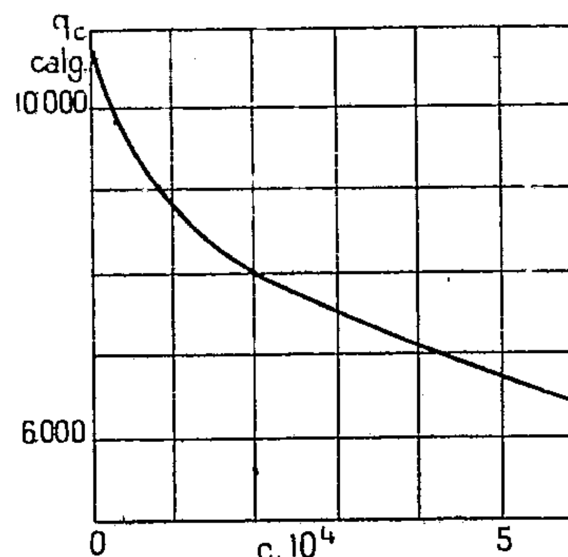


Fig. 2. — $q_c=\varphi(c)$.

3. Chaleurs différentielles. — En menant les tangentes à la courbe précédente, on trouve pour les chaleurs différentielles q_c, les valeurs ci-après :

c.10⁴	0	1	2	3	4	5	6
q_c calg....	10 700	8 800	8 000	7 450	7 120	6 800	6 500

Ces résultats sont convenablement traduits par la figure 2, ci-dessus.

4. Examen des résultats. — *a. Adsorbabilité.* — Sous une même pression d'équilibre, N_2O est moins adsorbé que C_2H_2 et SH_2 et plus adsorbé que les autres gaz étudiés.

b. Chaleurs intégrales d'adsorption. — A une concentration donnée, elles sont inférieures à celles des autres gaz, sauf l'azote et l'hydrogène.

Les nombres trouvés peuvent être exprimés par l'équation empirique

$$Q_c = 3\,046\,c^{0,871}. \tag{1}$$

c. Chaleurs différentielles. — A une même concentration, ces chaleurs sont souvent inférieures à celles des autres gaz. Elles s'expriment convenablement par l'équation

$$q_c = 2\,653\,e^{-0,129}, \tag{2}$$

dérivée de la précédente par rapport à c.

d. Chaleur propre d'adsorption. — Cette chaleur $\lambda = q_c - L$, où L est la chaleur de condensation du gaz, est *positive*. L est égal à 1760^{cals} et q_c est compris entre $10\,700$ et $6\,000^{\text{cals}}$. Ce résultat est en accord avec la forme de l'isotherme de 0° C.

5. Conclusions. — Il résulte de cette étude que l'oxyde nitreux est l'un des plus adsorbés parmi les gaz étudiés. Les chaleurs d'adsorption varient, en fonction des concentrations, dans le sens observé pour les autres gaz. Les règles empiriques observées antérieurement sont confirmées ([2]).

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la surtension de l'hydrogène.*
Note de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Paul Pascal.

La tension de dépôt de l'hydrogène à la cathode d'une solution électrolytique est en général plus négative que le potentiel réversible de l'hydrogène dans la même solution. La différence η est la surtension de l'hydrogène, sur laquelle il a été fait un nombre considérable de travaux. Parmi les résultats expérimentaux, citons les suivants : 1° η est nulle sur le platine platiné; 2° η peut atteindre des valeurs notables sur certains métaux (plomb, mercure); 3° η varie avec la densité de courant suivant une loi du type

$$\eta = a + b \log_{10} i. \tag{1}$$

Les théories du phénomène sont très nombreuses. On y admet d'habitude que les ions H^+ (H_3O pour la plupart des auteurs) doivent d'abord se déshydrater, puis prendre un électron pour donner H atomique; deux atomes H se combinent ensuite pour donner H_2 qui se dégage. L'irréversibilité constituée par l'existence de η a été cherchée dans la difficulté de décharge des ions H^+ (Volmer, Erdey-Gruz, Frumkin), dans la difficulté de formation de H_2 moléculaire et l'accumulation de H atomique dans l'électrode, enfin dans la difficulté de dégagement de l'hydrogène. Volmer trouve par exemple pour η la valeur $RT/2,3\alpha\mathcal{F}$, où α désigne la fraction du travail électrique $\mathcal{F}\eta$ qui

---

([2]) J. Perreu, *Ibid.*, 5e série, 16, 1949, p. 919.

intervient pour diminuer l'énergie d'activation. D'après Tafel, on devrait trouver pour b, à 20°C, environ 0,11 à 0,12 V, d'où $\alpha = 1/2$. La théorie suppose d'ailleurs que α et la concentration des ions H^+ dans le voisinage de l'électrode sont indépendants de η.

Nous avons montré précédemment (¹) que l'ion H^+ n'est pas combiné à l'eau en solution; autour d'un proton la structure habituelle de l'eau est modifiée et le proton se trouverait dans une sorte de cage formée de molécules H_2O, lui permettant de s'approcher d'une cathode à une distance d de l'ordre du rayon d'une molécule d'eau (1,4 Å). La pénétration de l'hydrogène dans le fer (²) s'explique quantitativement en admettant une adsorption superficielle des protons, suivie d'une pénétration ultérieure dans le métal, avec diffusion vers les cavités de celui-ci. Il est donc très probable que, sur tous les métaux, il y a adsorption des protons jusqu'à obtention d'une certaine concentration superficielle. Le dégagement d'hydrogène commence quand la cathode est saturée d'hydrogène; à ce moment, il existe un rapport déterminé k entre les concentrations des protons à l'intérieur et à l'extérieur; les métaux mauvais adsorbants de l'hydrogène ont un rapport k plus petit, de sorte qu'il faut une forte concentration extérieure pour ces métaux. Les protons adsorbés sont, au plus près, à une distance $2d$ les uns des autres, ce qui donne pour la densité superficielle dans la couche adsorbée $\sigma \leqq q/4d^2$. Le champ de cette couche est $2\pi\sigma/K$ (K, constante diélectrique $\leqq 80$); la valeur numérique du champ est donc de l'ordre de

$$\frac{\pi q}{K.2d^2} \cong \frac{\pi.4,8.10^{-10}}{80,4.10^{-16}} \text{U. E. S} = 11,3.10^6.\text{V/cm}.$$

Ce champ est donc de l'ordre de ceux qui peuvent extraire *à froid* les électrons des métaux. De plus, la différence de potentiel entre les protons et le métal est de l'ordre de $E.d$, où E est le champ, soit 0,158 V. Ce sont des surtensions de cet ordre qu'on trouve pour les métaux comme le fer et le cuivre. Entre la couche adsorbée et la solution règne une répartition diffuse des ions (couche de Gouy), dont le potentiel s'ajoute au précédent. Le sens est bien celui que donne l'expérience puisque le potentiel diminue depuis les protons jusqu'au métal de la cathode. Nous développerons les conséquences quantitatives de cette hypothèse.

(¹) E. DARMOIS et G. SUTRA, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1286.

(²) E. DARMOIS et G. SUTRA, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 177.

ÉLECTROCHIMIE. — *Surtension et polissage électrolytique*. Note (*) de
MM. **René Audubert**, **Maurice Bonnemay** et **Eugène Lewartowicz**,
présentée par M. Paul Pascal.

De nombreux auteurs se sont bornés, dans l'étude du polissage électrolytique, à mesurer la manière dont varie la densité de courant en fonction de la différence de potentiel aux bornes de l'électrolyseur; ils ont, en général, indiqué que, dans ces conditions, les résultats obtenus étaient peu reproductibles et que la courbe intensité-tension présentait un palier d'intensité précédé d'un maximum. Même si un tel mode d'observation conduisait à des résultats constants, il n'apporterait dans la plupart des cas aucune donnée importante pour la connaissance du mécanisme dont l'anode est le siège, la seule grandeur intéressante étant le potentiel propre de l'électrode.

Nous nous sommes donc proposé de préciser les conditions dans lesquelles on doit se placer pour obtenir le potentiel anodique d'une manière reproductible. Les expériences ont été effectuées sur des anodes d'acier inoxydable 18/8 dont le polissage était réalisé dans des mélanges d'acide phosphorique et d'acide sulfurique. Le potentiel de l'anode était déterminé par rapport à une électrode étalon (calomel saturé ou hydrogène normal). Il apparaît ainsi que lorsque le courant est établi, le système évolue en fonction du temps; la densité de courant et le potentiel tendent chacun vers une limite qui est atteinte d'autant plus rapidement que la densité de courant est elle-même plus élevée. Ces limites sont parfaitement reproductibles et il est aisé d'obtenir, dans ces conditions, une courbe de surtension anodique ayant une réelle signification physique. La courbe expérimentale que l'on obtient ainsi est représentée sur la figure 1.

Nous avons cherché à vérifier si la théorie de la surtension de R. Audubert, qui a déjà fait l'objet de nombreuses vérifications pouvait être appliquée au polissage électrolyque.

On sait que, suivant cette théorie, la surtension est reliée à la densité de courant, D, par l'équation

$$D = KA_s e^{-\frac{\alpha F \eta}{RT}} \left(1 - e^{-\frac{(\alpha+\beta) F \eta}{RT}}\right).$$

Dans cette relation, K représente une constante, A_s la concentration en ions dans la couche d'électrolyte immédiatement voisine de l'électrode, α et β les coefficients de transfert des réactions de décharge et d'ionisation, pour lesquels on a $\alpha + \beta \leqq 1$.

Dans le cas du polissage, étant donné les fortes densités de courant utilisées, il est nécessaire de tenir compte du phénomène de diffusion qui a pour

(*) Séance du 23 janvier 1950.

conséquence, comme on sait, de limiter l'accroissement de l'intensité pour les surtensions élevées. Pour cette raison, la concentration en ions, H_s, dans la couche immédiatement contiguë à l'électrode, ne peut être confondue avec

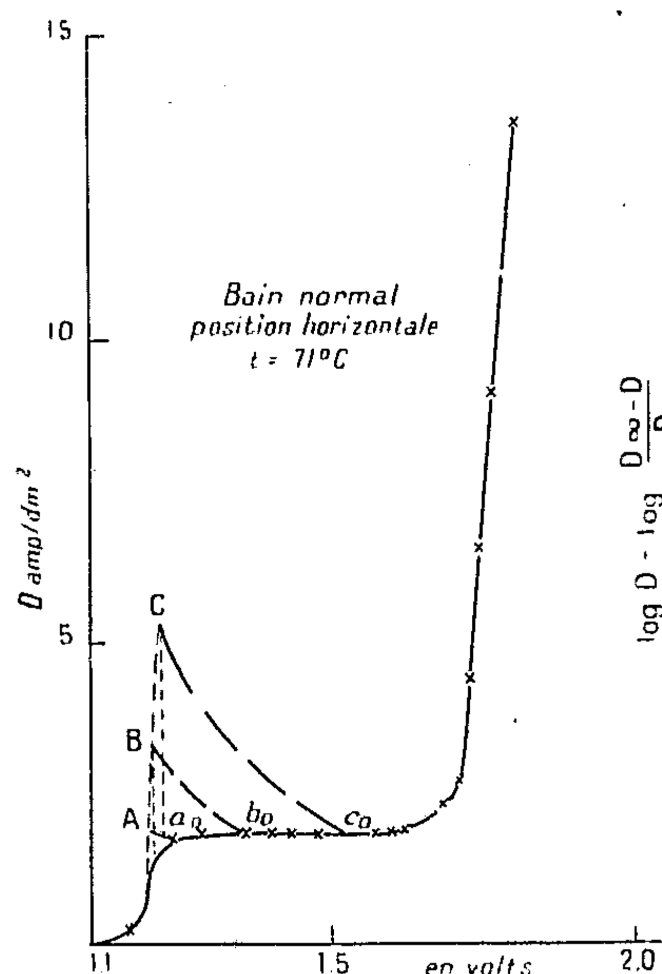


Fig. 1.

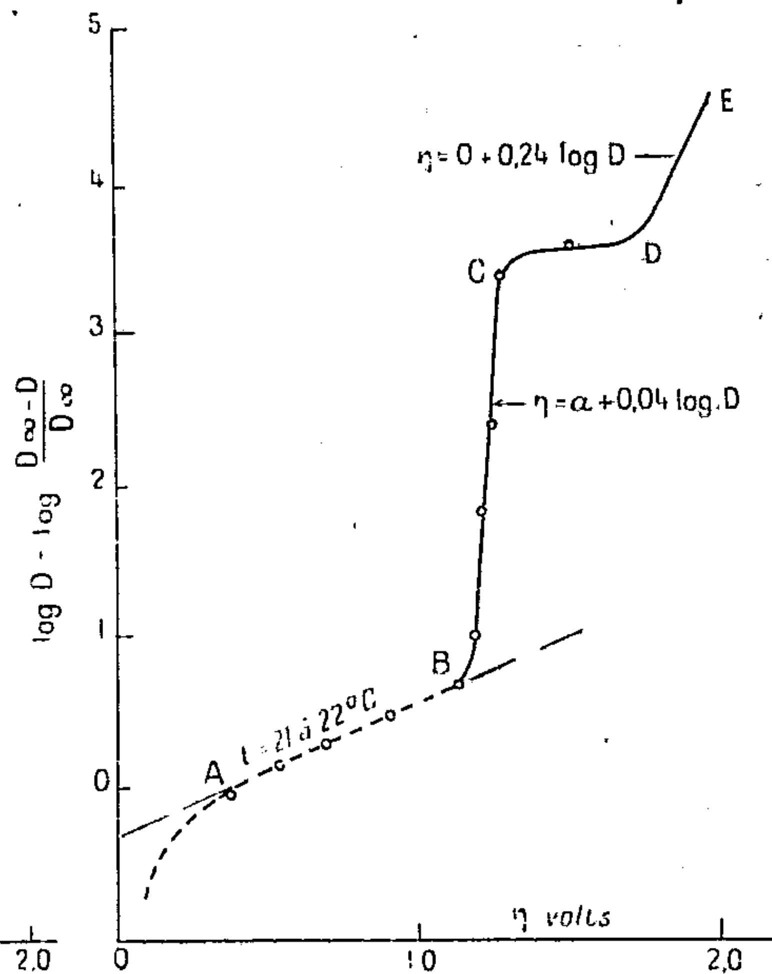


Fig. 2.

celle A_∞ qui règne dans les régions profondes de la solution. On montre que si l'on désigne par D_∞ la densité de courant au palier, la concentration A_s est liée à l'intensité D correspondante par

$$A_s = A_\infty \frac{D_\infty - D}{D_\infty}.$$

Par suite, en négligeant le processus d'ionisation qui ne joue pratiquement aucun rôle aux fortes densités de courant, l'équation de la surtension devient

$$\log \frac{D_\infty . D}{D_\infty - D} = \log K' + \frac{\alpha F \eta}{RT}.$$

La figure 2 représente la courbe expérimentale; cette courbe présente plusieurs domaines AB, BC, CD, DE, auxquels s'appliquent séparément la théorie de R. Audubert. Les parties rectilignes permettent de déterminer les coefficients de transfert d'énergie qui correspondent aux divers stades du phénomène. La région OAB est relative à la décharge des anions primaires de l'électrolyte, correspondant au domaine de surtension où intervient le phénomène d'ionisation. La région BC se rapporte à la décharge d'un anion secondaire; vers la fin de cette région on observe l'apparition du brillantage; l'oxygène moléculaire se manifeste à l'extrémité du palier CD. La région DE est caractérisée par un

fort dégagement d'oxygène et un polissage de très bonne qualité. Ces résultats montrent de plus que par des mesures à différentes températures il est possible d'atteindre les énergies d'activation des différents processus.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Étude spectrographique du complexe glycine-nitrate de plomb en solution aqueuse.* Note (*) de M[lle] **Ophélia Vartapétian**, présentée par M. Paul Pascal.

Quelques auteurs ont déjà mis en évidence la formation de complexes entre la glycine et divers sels de plomb (¹); en particulier Fuseya et Murato ont employé une méthode optique qui prête à discussion.

Il m'a paru intéressant de reprendre cette étude par la méthode des variations continues (²) appliquée à l'absorption lumineuse des mélanges de glycine et de nitrate de plomb (³).

J'ai opéré avec un spectrographe Hilger à optique de quartz et une lampe à hydrogène Chalonge et Lambrey. On photographie sur une même plaque et avec le même temps de pose, les spectres d'absorption de mélanges à volume constant et en proportions variables de glycine et de nitrate de plomb.

L'enregistrement de la partie intéressante des spectres (entre 2300 et 2700 Å) au microphotomètre Chalonge permet de déterminer à une constante près le coefficient d'absorption de chaque mélange.

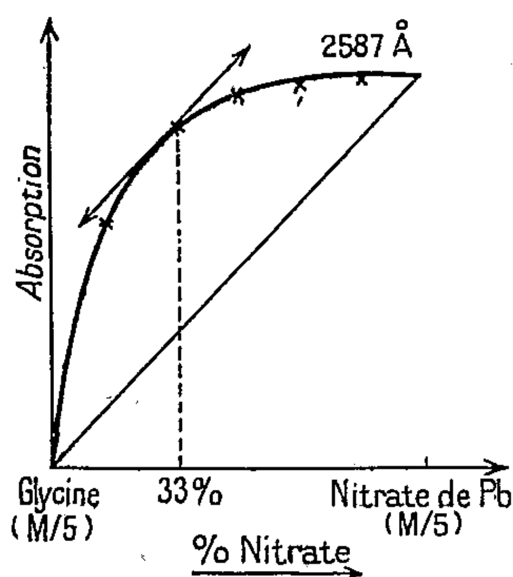


Fig. 1.

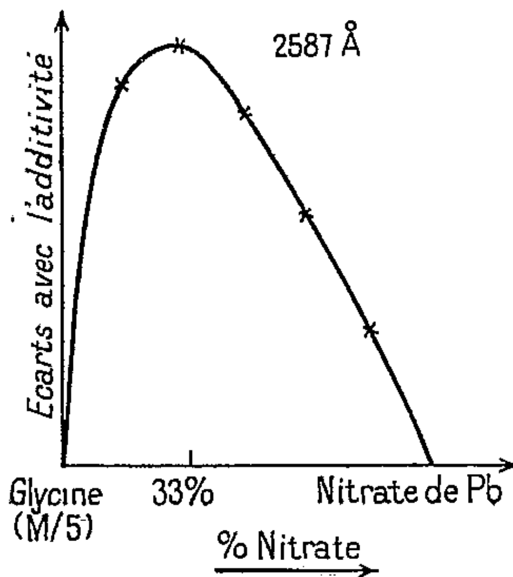


Fig. 2.

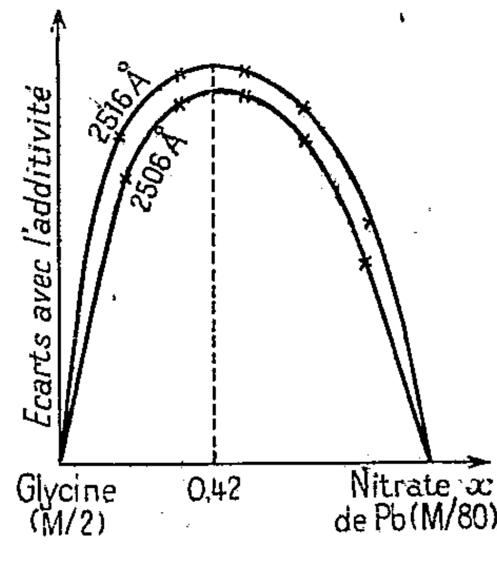


Fig. 3.

Dans le cas des solutions équimoléculaires M, M/5, M/10, M/50, M/100, la courbe de l'absorption des mélanges en fonction de leur composition s'écarte beaucoup de la droite obtenue par additivité (*fig.* 1).

(*) Séance du 6 février 1950.

(¹) Fuseya et Murato, *J. Phys. Chem.*, 34, 1930, p. 2001-12; Mapara et Patel, *Kolloïd. Zeitung*, 63, 1933, p. 291; Keefer et Reiber, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 689-92.

(²) P. Job, *Ann. Chem.*, 9-10, 1928, p. 113.

(³) J'ai choisi le nitrate de plomb à cause de sa solubilité notable dans l'eau.

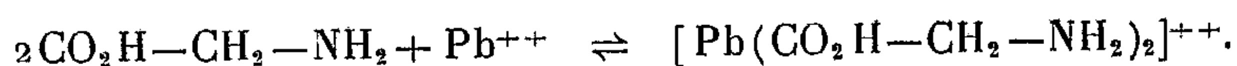
Le maximum de l'écart se produit toujours pour une composition voisine de 66 % en glycine. Ceci fixe la proportion même des constituants dans le complexe. En solution aqueuse il est donc probable que deux molécules de glycocolle s'associent à une molécule de nitrate de plomb.

L'étude des solutions non équimoléculaires confirme ce résultat et permet d'évaluer la stabilité d'un tel composé.

Mélangeons un volume $(1-x)$ de glycine de concentration Γ, à un volume x de nitrate de plomb de concentration $p\Gamma$; pour une certaine valeur de x appelée composition maximum, la concentration du complexe dans la solution sera maximum.

Au cours des mesures j'ai toujours employé des solutions plus concentrées en glycine qu'en nitrate de plomb, pour que les deux corps purs présentent des absorptions voisines, en outre parce que l'excès de glycocolle favorise la formation du composé. Dans ces conditions les courbes de l'absorption en fonction de la composition des mélanges présentent toutes un maximum assez accentué indépendant de la longueur d'onde choisie. L'abscisse du maximum de la courbe des écarts avec l'additivité détermine la composition maximum x (*fig.* 3).

Nous pouvons formuler la réaction donnant naissance au complexe



$$2CO_2H-CH_2-NH_2 + Pb^{++} \rightleftharpoons [Pb(CO_2H-CH_2-NH_2)_2]^{++}.$$

La constante d'équilibre est (¹)

$$K = \frac{C^2_{glyc.} \times C_{Pb^{++}}}{C_{complexe}}, \qquad \text{ou} \qquad K = \frac{\Gamma^2[(2p+1)x-1]^3}{(p-1)^2(1-3x)}$$

et l'erreur relative commise sur la constante d'équilibre :

$$\frac{dK}{K} = 3\left[\frac{2p+1}{(2p+1)x-1} + \frac{1}{1-3x}\right]dx.$$

A mesure que la dilution en glycine augmente, le complexe est de plus en plus dissocié, x tend vers la composition qui correspond aux proportions mêmes des constituants dans le complexe, c'est-à-dire vers la valeur 1/3, et l'erreur relative sur K atteint des valeurs considérables.

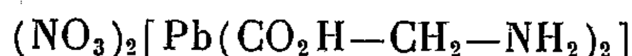
Je n'indiquerai ici que les résultats susceptibles d'une précision suffisante.

Concentration					
en glycine Γ.	en nitrate de Pb Γ'.	$p=\frac{\Gamma'}{\Gamma}$.	Composition maximum x.	K.	dK.
1	1/100	1/100	0,5	$2,4.10^{-1}$	$0,3\ .10^{-1}$
1/2	1/20	1/10	0,4	2,1	0,4
1/2	1/80	1/40	0,42	1,9	0,35
1/5	1/200	1/40	0,352	2	0,5

(¹) En assimilant les concentrations aux activités.

L'indétermination dx sur la composition maximum ne dépasse pas 0,01.

Les valeurs obtenues pour K (toutes voisines de 0,2) sont assez concordantes pour confirmer l'existence en solution aqueuse d'un composé d'addition entre le glycocolle et le nitrate de plomb, de faible stabilité :



$$(NO_3)_2[Pb(CO_2H-CH_2-NH_2)_2]$$

MÉTALLOGRAPHIE. — *Confirmation micrographique de la réversibilité de la transformation conférant la fragilité de revenu aux aciers à basses teneurs en nickel et en chrome.* Note de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On sait que la fragilité de revenu de certains aciers faiblement alliés est un phénomène réversible ([1]). La technique micrographique décrite antérieurement ([2]) nous a permis de révéler sur un acier à 0,30 % C, 3,25 % Ni, 1,65 % Cr, l'évolution structurale qui correspond à cette réversibilité.

1° *Passage de l'état fragile à l'état tenace.* — L'état fragile obtenu par trempe à l'huile à 850°, suivie d'un revenu de 24 heures à 525° et d'un refroidissement lent, possède la structure visible sur la figure 1. Après séjour de 45 minutes à 620° et trempe à l'eau, la structure se transforme (*fig.* 3) et devient du même type que celle de l'acier à l'état tenace (*fig.* 2), obtenu en faisant suivre la trempe à haute température d'un revenu de 15 minutes à 650° arrêté à l'eau. On note que le passage de l'état fragile à l'état tenace s'accompagne d'une baisse notable de la dureté Vickers mesurée sous charge de 2^{kg}.

2° *Passage de l'état tenace à l'état fragile.* — L'acier tenace (*fig.* 2) est maintenu à 500° pendant des durées croissantes (jusqu'à 15 heures), puis trempé à l'eau. La nette définition des joints de grains qui caractérise l'état fragile apparaît dans les premières heures du traitement et se renforce ensuite (*fig.* 4).

La micrographie avant et après revenu de fragilisation montre que la transformation intéresse le volume entier des grains, et non pas seulement leurs limites. Le constituant déposé en masse compacte, sous forme d'un large liséré qui suit approximativement, en le débordant plus ou moins, le réseau intergranulaire, s'évanouit progressivement. Nous nous trouvons donc conduit à penser que l'un des éléments appartenant à ce constituant diffuse vers les joints pour s'y précipiter finalement.

Au cours du revenu de fragilisation les microconstituants sphéroïdisés, dispersés à l'intérieur des grains, présentent eux aussi une évolution. Leur nombre diminue et ceux qui subsistent montrent une coalescence progressive.

([1]) *Voir* par exemple R. H. Greaves et J. A. Jones, *J. Iron Steel Inst.*, 102, 1920, p. 171; H. Jolivet et R. Chouteau, *Rev. Métallurgie*, 40, 1943, p. 14.

([2]) P.-A. Jacquet, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 713.

On note, d'autre part, que la transformation dans le sens tenace fragile n'est pas accompagnée d'une variation appréciable de la macrodureté.

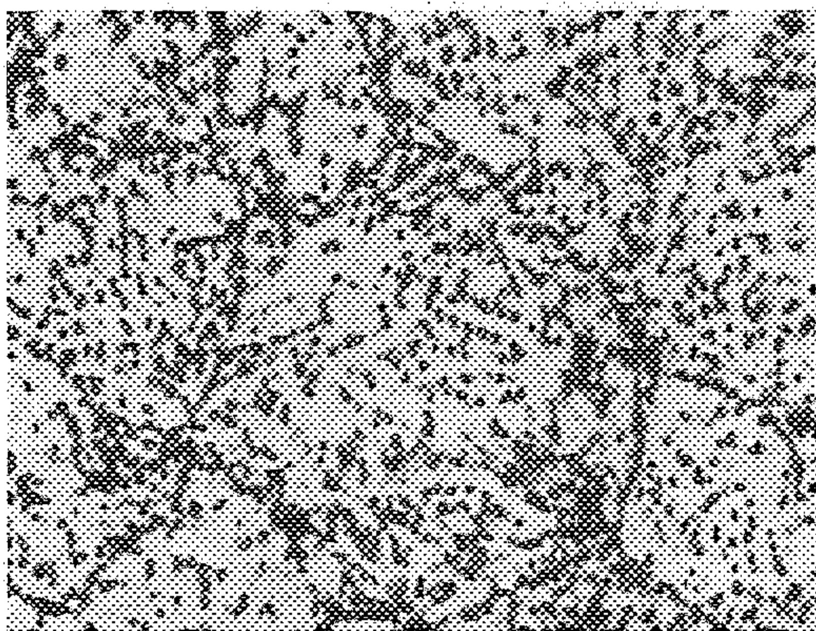


Fig. 1. — (× 2000). Trempe à l'huile à 850°. Revenu 24 heures à 525°. Refroidissement très lent. État fragile (résilience K. U. F. 2 kgm/cm²). Dureté Vickers = 334.

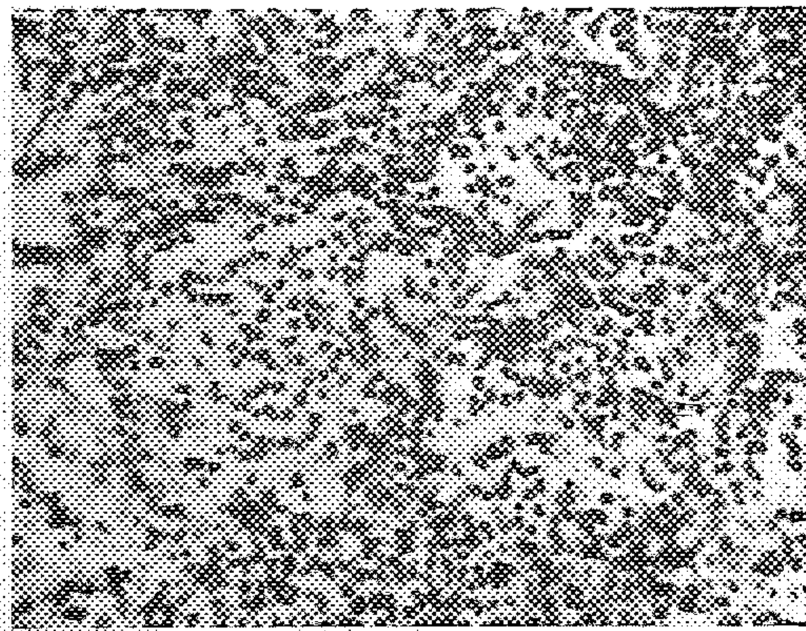


Fig. 2. — (× 2000). Trempe à l'huile à 850°. Revenu 15 minutes à 650°. Trempe à l'eau. État tenace (résilience K. U. F. 13 kgm/cm²). Dureté Vickers = 290.

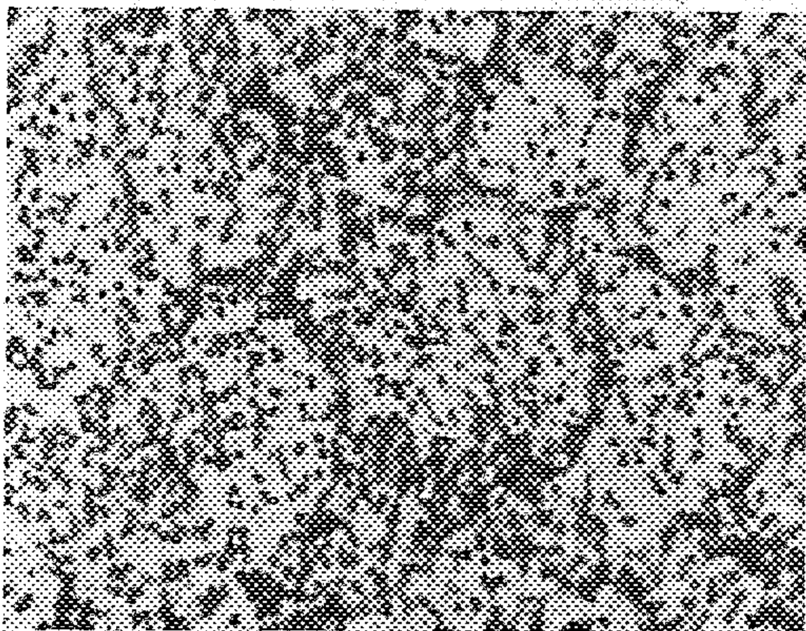


Fig. 3. — (× 2000). Éprouvette de la figure 1 revenue 45 minutes à 620° et trempée à l'eau. Dureté Vickers = 259.

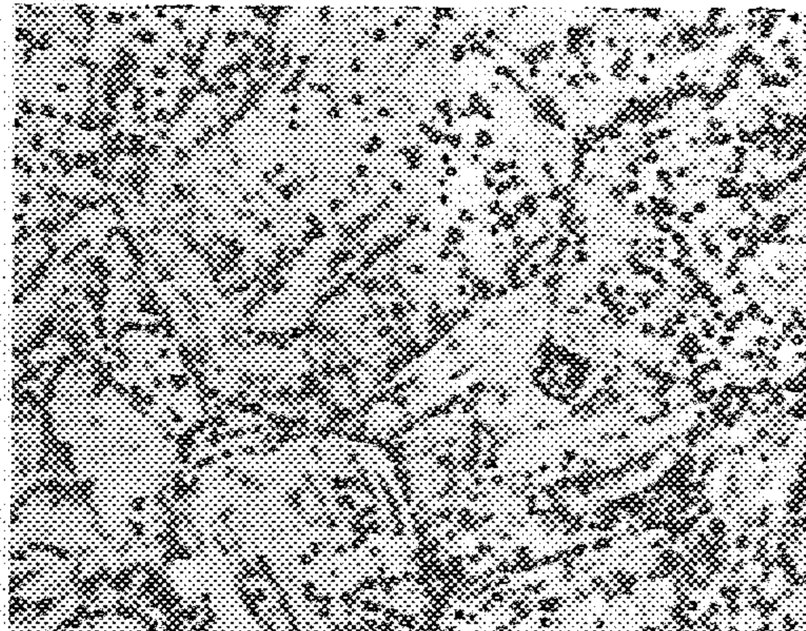


Fig. 4. — (× 2000). Éprouvette de la figure 2 revenue 15 heures à 500° et trempée à l'eau. Dureté Vickers = 280.

(Micrographies obtenues par polissage électrolytique suivi d'attaque dans la couche éthérée du réactif acide picrique-eau-éther.)

Il est important de souligner que la cinétique de la transformation réversible, déduite de l'étude micrographique, n'est pas la même pour tous les grains d'un spécimen donné, spécialement dans la zone de température de la fragilisation où existe une instabilité marquée. Ceci expliquerait :

1° La dispersion bien connue des valeurs de la résilience observées sur éprouvettes traitées dans des conditions identiques;

2° L'influence de faibles écarts dans les conditions du revenu (température et durée) sur la résilience ou, mieux, sur sa température de transition.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude aux rayons X de la fragilité de revenu d'un acier à faibles teneurs en nickel et en chrome.* Note (*) de Mme ADRIENNE-R. WEILL, présentée par M. Pierre Chevenard.

Les notables différences observées par M. P.-A. Jacquet (1) dans la structure micrographique d'un acier nickel-chrome aux deux états tenace et fragile intéressent à la fois les joints et le volume entier des grains. Nous avons donc essayé de détecter au moyen des rayons X les transformations du réseau cristallographique.

1. *Résultats des expériences.* — Les éprouvettes polies électrolytiquement sont celles qui ont été utilisées par M. P.-A. Jacquet (2).

A. État trempé à 850°.

B. État tenace obtenu, soit : *a.* par trempe à 850° et revenu de 15 minutes à 650° arrêté à l'eau; *b.* à partir de l'état fragile par revenu de 45 minutes à 620° arrêté à l'eau.

C. État fragile obtenu soit : *a.* par trempe à 850°, revenu 24 heures à 525° et refroidissement lent; *b.* à partir de l'état tenace, par revenu de 15 heures à 500° arrêté à l'eau.

D. Éprouvette trempée à 850° et revenue 2 heures à 500°.

E. Éprouvette prise à l'état fragile *a.* et soumise à un revenu de 13 heures à 500° arrêté à l'eau.

Les clichés ont été pris par la méthode Debye-Scherrer en retour, ou en incidence rasante, avec le rayonnement du chrome et un collimateur cylindrique de 0mm,6. Les résultats, dont les détails seront publiés ailleurs, peuvent se résumer comme suit :

1° Pour l'état trempé à 850° l'anneau (211) de la ferrite est extrêmement diffus. Comme on pouvait s'y attendre, le diagramme complet décèle la présence d'une petite quantité d'austénite retenue.

2° Les diagrammes des états tenace et fragile sont nettement différents. Le premier accuse la résolution de l'anneau (211) en $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ (*fig.* 1) et l'on peut voir la raie β sur l'original. Ceci n'a pu être mis en évidence que sur des échantillons polis électrolytiquement. Sur le second, la même réflexion est diffuse (*fig.* 2), présentant seulement un renforcement en $K\alpha_1$.

3° Les éprouvettes des états tenace *b* et fragile *b*, c'est-à-dire obtenues à partir des états respectivement fragile *a* et tenace *a* donnent, elles aussi, les types de diagramme correspondant à l'état final, ce qui confirme la réversibilité du phénomène. Toutefois, les différences d'aspect de l'anneau (211) sont

(*) Séance du 6 février 1950.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 713-715.

(2) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 650.

moins accentuées, sans doute parce que les transformations ne sont pas aussi complètes.

4° Le spécimen D soumis après trempe à 850° à un revenu de 2 heures à 500° donne un anneau de retour (211) moins diffus que celui correspondant à l'état trempé à 850°, et moins flou que celui de la figure 2.

5° Pour l'éprouvette E, l'anneau est légèrement plus diffus que celui de la figure 2, beaucoup moins que celui de l'échantillon trempé à partir de 850°.

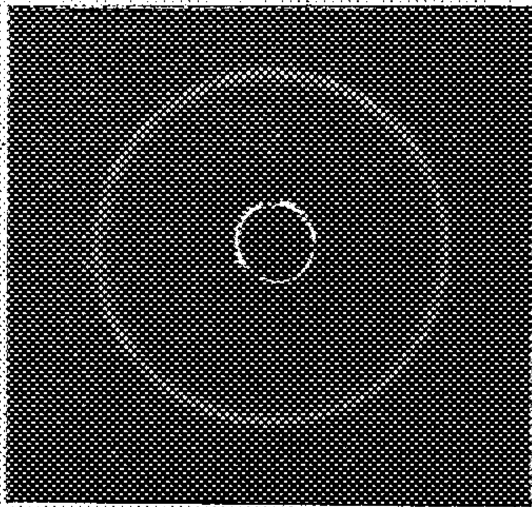


Fig. 1. — Éprouvette tenace.

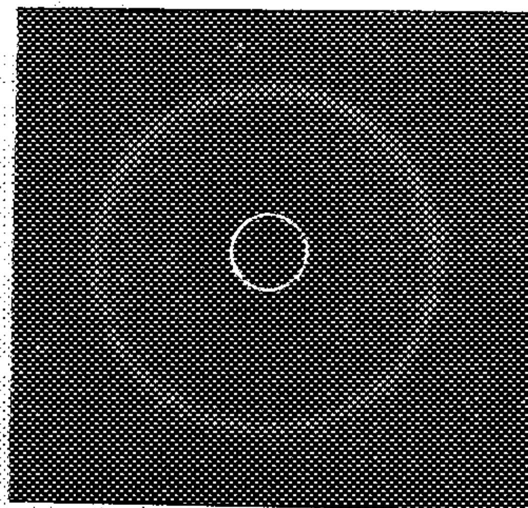


Fig. 2. — Éprouvette fragile.

2. *Discussion.* — Ces différentes observations peuvent s'interpréter en admettant que les atomes de l'élément responsable de la fragilité entrent en solution dans le réseau de ferrite au cours du revenu dans la zone de sensibilisation et lui imposent de ce fait de fortes distorsions accompagnées de tensions internes (*fig.* 2).

Un tel mécanisme est en complet accord avec l'évolution de la structure micrographique étudiée par M. P.-A. Jacquet. Ce serait effectivement la diffusion, puis la séparation sur les joints de grains de l'élément entrant dans le réseau de ferrite qui provoquerait la fragilité. Les rayons X montrent, à certains stades, un réseau moins perturbé (éprouvette D) qu'à l'état typiquement fragile; cependant la micrographie révèle alors une précipitation générale extrêmement abondante, donc la concentration de l'élément en solution est probablement faible, mais les joints de grains nettement marqués laissent supposer une certaine fragilité, ce qui est conforme à des faits connus (3).

Ni la micrographie, ni les rayons X ne permettent de préciser avec certitude la nature de l'élément qui s'insère ou s'extrait du réseau de ferrite. Cependant, la netteté des modifications structurales révélées par les deux méthodes conduit à penser que cet élément n'est pas une impureté (phosphore, azote) de l'acier, mais bien le carbone lui-même. Le rôle de l'addition (chrome ou manganèse, ou molybdène, ou tungstène) est certainement fondamental dans

(3) G. VIDAL, *Rev. Métallurgie*, 42, 1945, p. 149.

les processus de dissolution, de migration et de coalescence du constituant contenant le carbone; on pourrait rapprocher ce phénomène de celui qui est connu sous le nom de durcissement secondaire des mêmes types d'acier ([4]), précisément dans la zone de température où apparaît la fragilité.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Variation du Bond Number en fonction du terme coulombien.* Note de M. Pierre Yvan, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans les trois méthodes d'approximation de la Chimie théorique : mésomérie ([1]), états de spin ([2]), et orbitales moléculaires ([3]), la valence libre F_r d'un atome de carbone r d'un hydrocarbure aromatique est définie comme étant la différence entre la somme des ordres de liaison π pour toutes les liaisons aboutissant à cet atome (Bond Number) et le maximum N que cette somme peut atteindre

$$F_r = N - \sum_s p_{rs}$$

en appelant p_{rs} l'indice de liaison π des atomes voisins r et s.

La valeur adoptée pour N dans la méthode des orbitales moléculaires ([4]) est égale à 1,68. Cependant, W. Moffitt ([5]) a montré que ce maximum est égal à 1 si l'atome de carbone considéré n'est lié qu'à un seul autre atome de carbone, à $\sqrt{2}$ s'il est lié à deux atomes de carbone et à $\sqrt{3}$ s'il est lié à trois atomes de carbone. A. Laforgue ([6]) est arrivé au même résultat.

Ces calculs ayant été effectués pour des hydrocarbures, *on peut se demander si ces valeurs restent valables quand la molécule contient des hétéroatomes.* A cet effet, en admettant, avec W. Moffitt ([5]), que le couplage (et, par suite, l'indice de liaison π) entre l'atome considéré r et un atome voisin s est d'autant plus grand que ce dernier est lié à une chaîne plus courte, nous avons calculé (dans le cadre de la méthode des orbitales moléculaires) la valeur du Bond Number

$$S = \sum_s p_{rs}$$

(somme des indices de liaison π aboutissant à l'atome r représenté en caractère

---

([4]) E. C. Bain, *Alloying Elements in Steel* (A. S. M. U. S. A. 1939, p. 272).

([1]) R. Daudel et A. Pullman, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 888; P. Daudel, R. Daudel, R. Jacques et M. Jean, *Rev. Scient.*, 84, 1946, p. 489.

([2]) C. Vroelant et R. Daudel, *Bull. Soc. Chim. France*, 16, 1949, p. 36 et 217; *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 399.

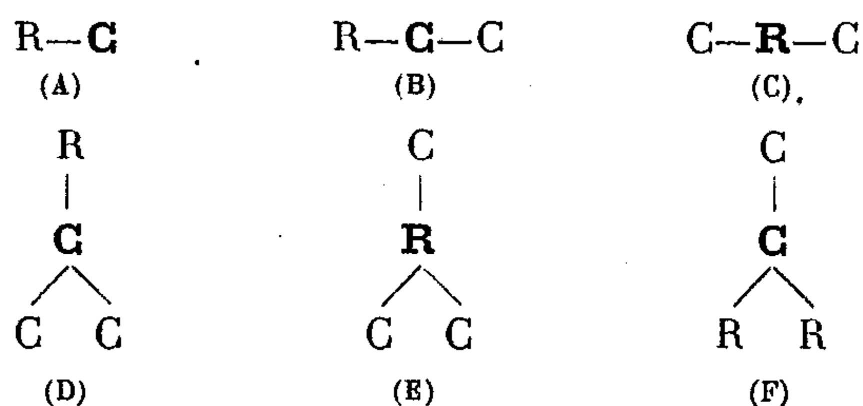
([3]) C. A. Coulson, *Trans. Farad. Soc.*, 42, 1946, p. 106.

([4]) C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Rev. Scient.*, 85, 1947, p. 929.

([5]) *Trans. Farad. Soc.*, 45, 1949, p. 373.

([6]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1735; *J. Chim. Phys.* (sous-presse).

gras) pour la série de structures suivantes :



et pour celles qui s'en déduisent en échangeant R et C, en supposant que les hétéroatomes R d'une même stucture sont identiques et qu'ils n'interviennent que par leur terme coulombien α_r, sans perturber celui des autres atomes, non plus que les intégrales d'échange β.

Dans ces conditions, et si l'on suppose que les hétéroatomes R ne comportent qu'un électron π (cas de l'azote hétérocyclique, par exemple), on obtient, en faisant systématiquement varier $\alpha_r = a$ de $-\infty$ à $+\infty$:

pour la structure A : $$S = \frac{2}{\sqrt{a^2+4}},$$

pour la structure B : $$S = -\sum_{i=1}^{2} \frac{\alpha_i y_i^3}{y_i^4 - y_i^2 + 2},$$

avec $\alpha_1 = 2$, $\alpha_2 = 1$ et où y_1 et y_2 sont les deux plus petites racines de

$$y^3 + |a|y^2 - 2y - |a| = 0,$$

pour la structure C : $$S = \frac{4}{\sqrt{a^2+8}},$$

pour la structure D : $$S = \frac{-2y^3}{y^4 - 3y^2 + 6},$$

y étant la plus petite racine de

$$y^3 - |a|y^2 - 3y + 2|a| = 0,$$

pour la structure E : $$S = \frac{6}{\sqrt{a^2+12}},$$

pour la structure F : $$S = \frac{-4y^3}{y^4+3},$$

y étant la plus petite racine de

$$y^3 + |a|y^2 - 3y - |a| = 0,$$

et des fonctions respectivement identiques à celles-ci pour les structures déduites des précédentes par échange de R et C.

Toutes ces fonctions sont représentées par des courbes en cloche, maximums pour $a = 0$ (c'est-à-dire quand il n'y a pas d'hétéroatome). En accord avec les valeurs trouvées pour N par W. Moffitt et A. Laforgue, ce maximum est, suivant les cas, égal à 1, $\sqrt{2}$ ou $\sqrt{3}$. La valeur limite obtenue pour $|a| = \infty$ est égale à zéro pour les structures A, C, E et F, à 1/2 pour la structure B et à $\sqrt{2}$ pour la structure D.

Le tableau ci-dessous des valeurs de S pour les structures B et F donne une idée de la variation de ces fonctions

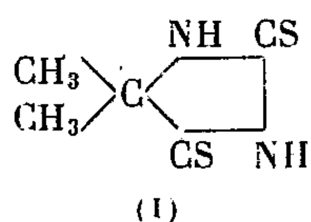
	$\|a\|$.	0.	1.	2.	3.	5.	10.	100.	∞.
Structure B....	S	$\sqrt{2}$	1,31	1,07	0,94	0,78	0,65	0,52	1/2
Structure F....	S	$\sqrt{3}$	1,62	1,42	1,11	0,74	0,39	0,04	0

Ces résultats justifient les calculs effectués sur des molécules hétéroatomiques (pyridine, quinoléine, etc.) quand on admet (et c'est en général le cas) les conditions que nous nous sommes imposées ici.

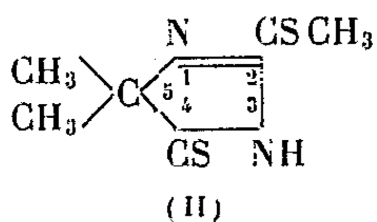
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'iode sur les composés organiques soufrés. Thiohydantoïnes et dérivés.* Note (*) de M. **Pierre Chabrier** et Mlle **Klaudia Smarzewska**, présentée par M. Marcel Delépine.

J. Bougault a montré que l'action de l'iode sur les composés organiques variait considérablement selon que l'on opérait en milieu bicarbonaté, carbonaté ou alcalin. Cette notion de variabilité du potentiel d'oxydation paraît capitale. La nature de l'action dépend de l'état du milieu. Nous nous sommes proposé d'étudier l'action de l'iode sur les composés organiques, plus spécialement les composés organiques soufrés, en opérant en milieu anhydre (éther, benzène), et en présence ou non d'amines primaires, secondaires ou tertiaires.

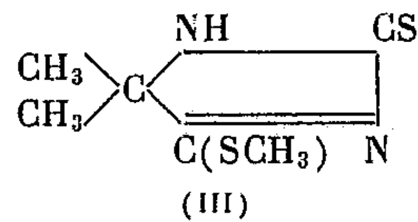
L'objet de cette Note est de signaler les modalités d'action de l'iode agissant sur quelques thiohydantoïnes [formules (I), (II), (III)] dans différentes conditions.



(I)



(II)

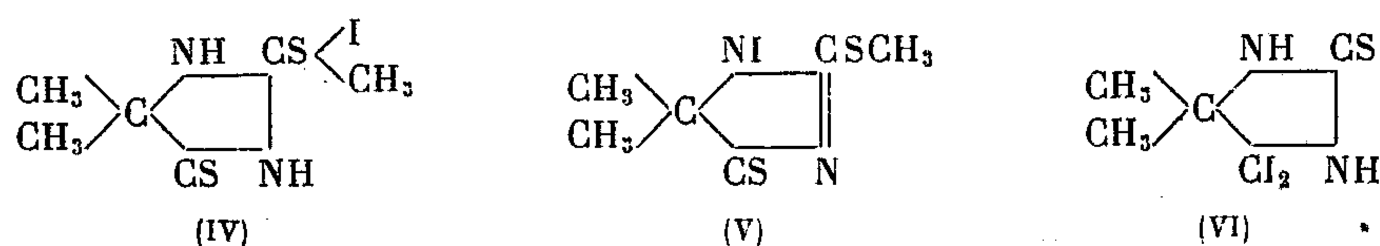


(III)

A. *Action de l'iode en milieu éthéré sur les composés* (I), (II), (III). — Si l'on dissout la diméthyldithiohydantoïne (I) dans l'éther, et que l'on ajoute une solution éthérée d'iode en quantité équimoléculaire, on n'observe pas de réaction après 3 jours de contact.

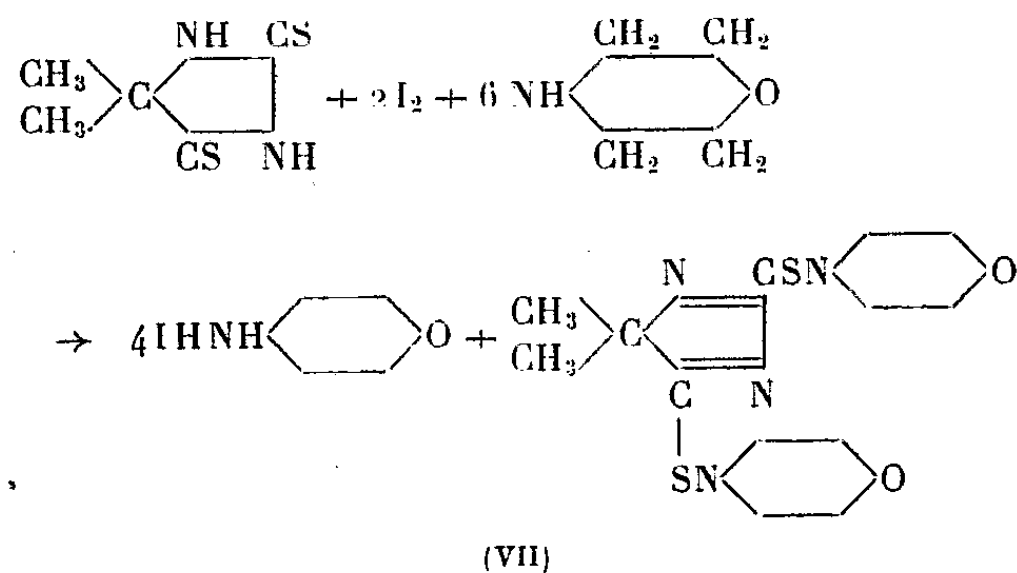
(*) Séance du 23 janvier 1950.

Par contre, l'iode en solution éthérée réagit facilement sur le thioéther (2) de la diméthyldithiohydantoïne (II) en donnant, d'une part, l'iodométhylate [F 195° (IV)], insoluble dans l'éther, que l'on peut également obtenir par action directe de l'iodure de méthyle sur le composé (I), d'autre part, un composé coloré en brun F 145°, ayant vraisemblablement la formule (V)



Traité par l'iode en excès dans les mêmes conditions, le thioéther 4 de la diméthyldithiohydantoïne (III) se comporte très différemment de son isomère de position; on obtient un composé fortement coloré en violet F 135°, insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'éther, auquel les résultats de l'analyse élémentaire conduisent à attribuer la formule brute $C_5H_8SN_2I_2$; il y a donc eu désulfuration par perte vraisemblable de disulfure CH_3SSCH_3. Nous proposons la formule hypothétique provisoire (VI) pour représenter ce composé iodé.

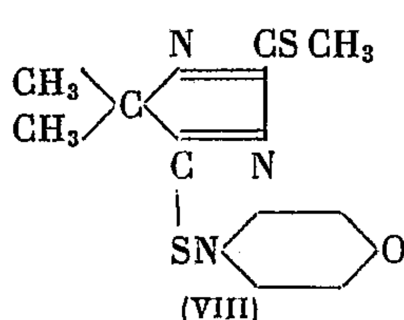
B. *Action de l'iode en milieu éthéré sur les composés* (I), (II), (III), *en présence de morpholine* (amine secondaire). — Si l'on verse dans une solution éthérée de morpholine en excès, une solution éthérée de diméthyldithiohydanthoïne renfermant une molécule de diméthyldithiohydantoïne et deux molécules d'iode, on obtient immédiatement un précipité blanc abondant, constitué par l'iodhydrate de morpholine; le résidu d'évaporation de la solution éthérée traitée par une solution à 1 % de soude, abandonne un précipité F 164° (VII). La réaction s'exprime par l'équation suivante :



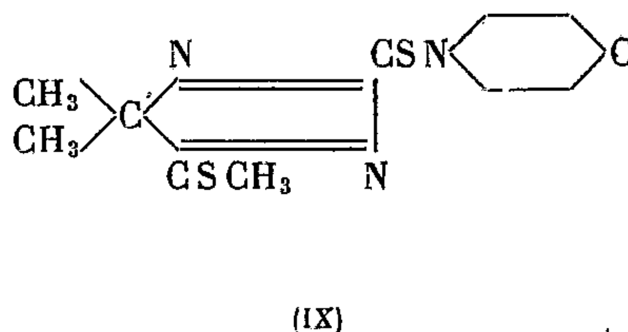
Cette réaction s'effectue de la même façon si, au lieu d'utiliser la morpholine, on emploie une autre base secondaire (pipéridine, dicyclohexylamine, etc).

Traités dans les mêmes conditions, les composés (II) et (III) conduisent selon le même principe aux composés (VIII) et (IX) fondant respectivement

à 222° et 82°



(VIII)

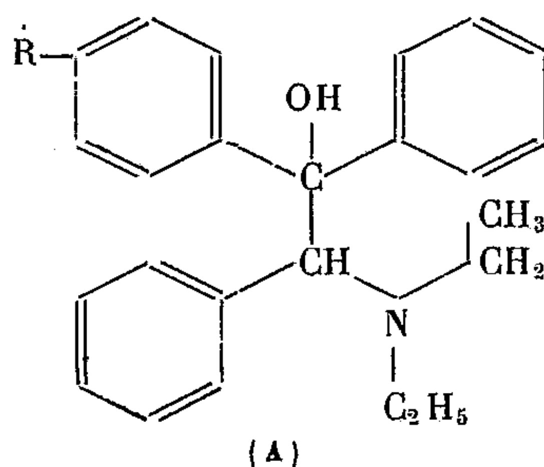


(IX)

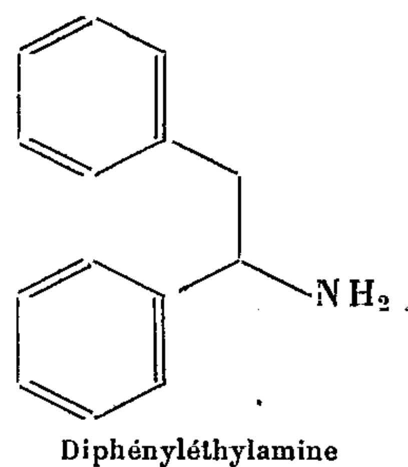
Propriétés. — La diisothiomorpholidyl-2.4 diméthyl-5.5 diazo-1.3 cyclopentane (formule VII) F 164°, est insoluble dans l'eau et les solutions alcalines, assez soluble dans l'acétone à froid, plus soluble dans l'alcool chaud, peu soluble dans le benzène. Les acides minéraux le dissolvent et le décomposent selon une réaction qui sera signalée ultérieurement. La solution acétonique de cette substance, additionnée d'iodure de méthyle, donne un diiodométhylate F 176°, qui sera étudié ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches dans la série des analgésiques.* Note (*) de MM. **Albert Lespagnol** et **Jean Bertrand**, présentée par M. Marcel Delépine.

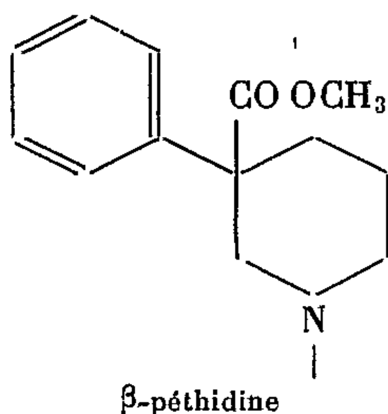
Ces recherches ont été inspirées par le souci de grouper dans une même molécule certains éléments structuraux de médicaments analgésiques. Les composés que nous signalons ici se rattachent pour la plupart à la structure (A), où l'on peut retrouver à la fois les schémas de la diphényléthylamine, de la β-péthidine et de la métadone :



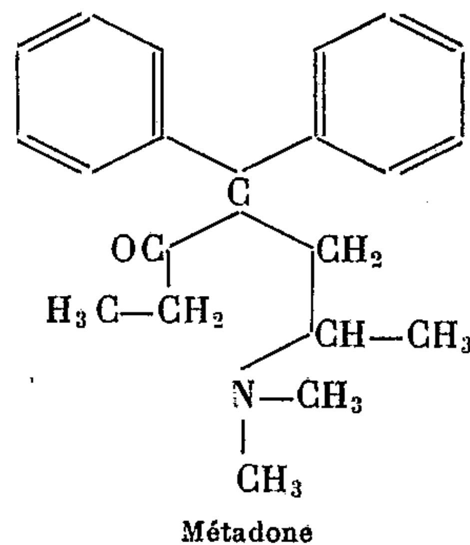
(A)



Diphényléthylamine



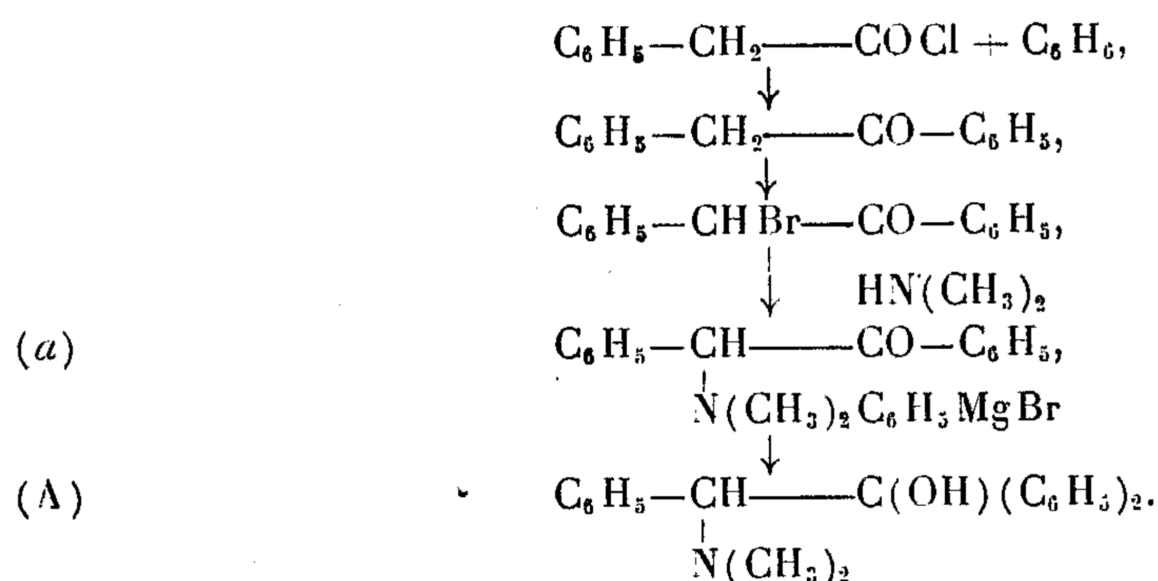
β-péthidine



Métadone

(*) Séance du 30 janvier 1950.

Les dérivés que nous avons préparés et étudiés ont été obtenus par la suite de réactions schématisée ci-dessous (à propos du composé non substitué sur les noyaux aromatiques R = H).



Nous avions d'abord préparé le produit où $R = OCH_3$ et dans lequel l'atome d'azote était porteur de deux radicaux C_2H_5. Mais, bien que nous n'ayons pas constaté chez ce composé de propriétés analgésiques, nous avons jugé bon de ne pas abandonner cette série avant d'avoir modifié ou supprimé le substituant R. On sait, en effet, que, si l'allure générale d'une molécule peut avoir une influence notable quant à l'apparition de propriétés pharmacodynamiques, les groupements substituants, greffés çà et là sur un schéma fondamental ont, eux aussi, une importance considérable. Nous n'en retiendrons pour exemple, dans la série qui nous occupe, que l'influence néfaste de la simple hydroxylation d'un noyau benzénique dans la métadone qui provoque un effondrement du pouvoir analgésique, de même que la différence d'activité constatée entre les composés N diéthylés et N diméthylés (¹).

Signalons par ailleurs, qu'indépendamment des alcools tertiaires correspondant au schéma (A), nous avons également étudié les cétones du type (*a*) qui constituent des étapes intermédiaires de leur préparation.

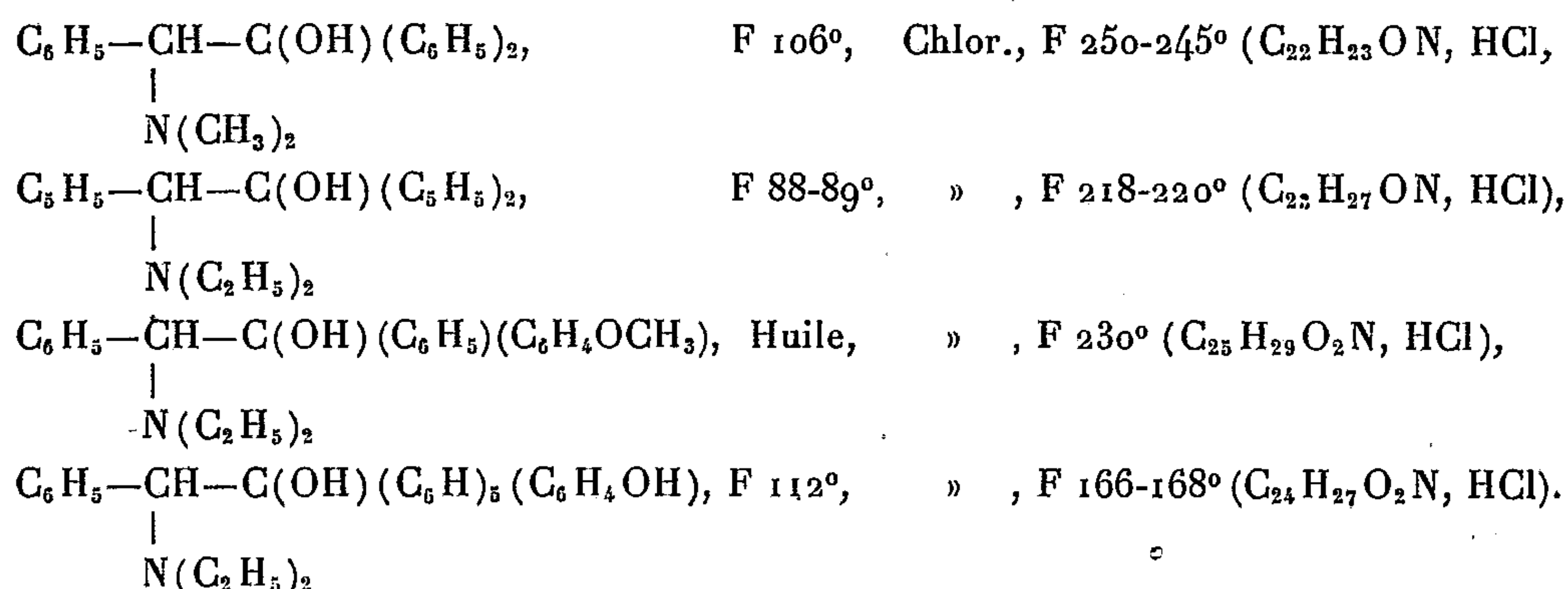
Les dérivés suivants ont été préparés :

Dérivés du type (a) : aminocétones.

$C_6H_5—CH(N(CH_3)_2)—CO—C_6H_5$,	Huile,	Chlor., F 226-230° ($C_{16}H_{17}ON$, HCl);
$C_6H_5—CH(N(C_2H_5)_2)—CO—C_6H_5$,	Huile,	($C_{18}H_{21}ON$);
$C_6H_5—CH(N(C_2H_5)_2)—CO—C_6H_4$,	Huile,	Chlor., F 212° ($C_{19}H_{23}O_2N$, HCl);
$C_6H_5—CH(N(C_2H_5)_2)—CO—C_6H_4$,	F 126°	», F 188° ($C_{18}H_{21}O_2N$, HCl);

(¹) BOCKMÜHL et EHRHART, *Liebig's Ann. d. Chemie.*, 561, 1949, p. 52.

Dérivés du type (A) : *amino-alcools.*



C_6H_5—CH—C(OH)(C_6H_5)$_2$, F 106°, Chlor., F 250-245° ($C_{22}H_{23}ON$, HCl),
| N(CH_3)$_2$

C_6H_5—CH—C(OH)(C_6H_5)$_2$, F 88-89°, » , F 218-220° ($C_{24}H_{27}ON$, HCl),
| N(C_2H_5)$_2$

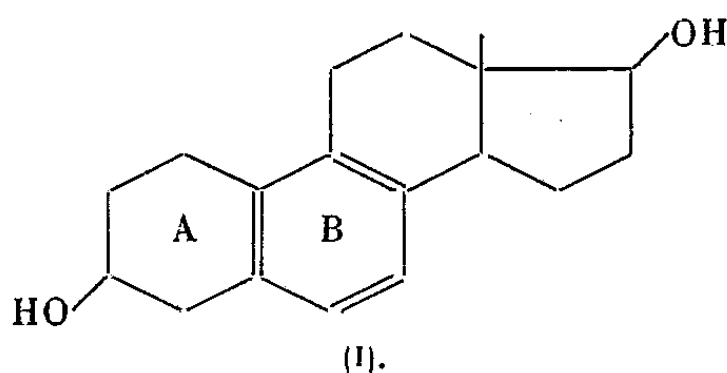
C_6H_5—CH—C(OH)(C_6H_5)($C_6H_4OCH_3$), Huile, » , F 230° ($C_{25}H_{29}O_2N$, HCl),
| N(C_2H_5)$_2$

C_6H_5—CH—C(OH)(C_6H)$_5$(C_6H_4OH), F 112°, » , F 166-168° ($C_{24}H_{27}O_2N$, HCl).
| N(C_2H_5)$_2$

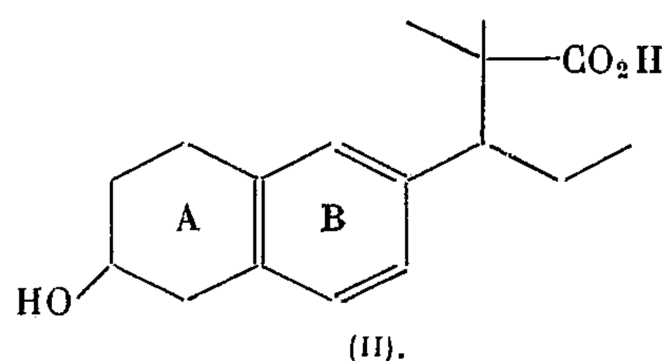
L'étude pharmacodynamique des produits que nous avons préparés n'a pas révélé chez eux des propriétés analgésiques notables. Nous pensons néanmoins que des essais de cet ordre, même infructueux, sont utiles à connaître pour l'étude des relations entre la structure et l'activité médicamenteuse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Œstrogènes artificiels : Hydrogénations dans la série allénolique.* Note de MM. **Sylvestre Julia, Jean Jacques** et **Alain Horeau**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que dans les œstrogènes naturels, le noyau A est toujours aromatique et le noyau B l'est parfois (équilénine). Ruzicka, Müller et Mörgeli [1] [*voir* aussi Remesow [2]] ont décrit un isomère de l'œstradiol : l'hexahydro-équilénine (I) dans laquelle, à l'inverse de l'œstradiol, le cycle A est saturé au lieu du cycle B, et dont l'activité biologique est bien inférieure à celle de l'hormone naturelle.



(I).

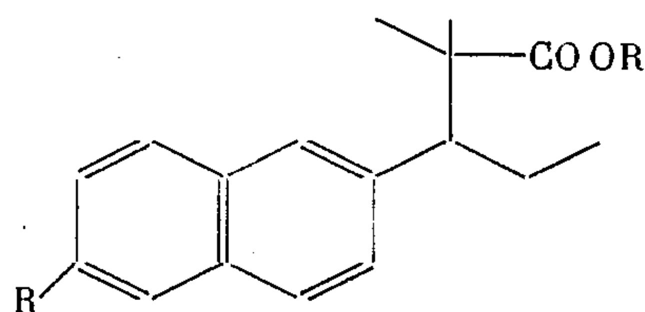


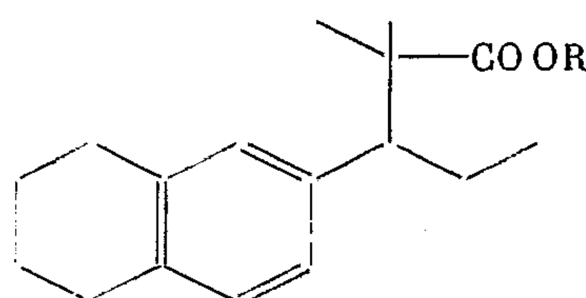
(II).

Il nous a paru intéressant de préparer dans la série allénolique un produit analogue, tel que (II) et dans lequel le cycle A est également hydrogéné. On pouvait penser obtenir ce produit par hydrogénation de l'acide diméthyléthyl-

(1) *Helv. Chim. Acta*, 21, 1938, p. 1394.
(2) *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 55, 1936, p. 797.

allénolique lui-même (III_a) par fixation de 2^mol d'hydrogène.



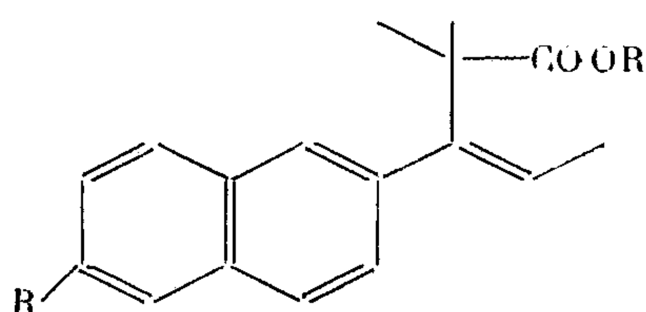


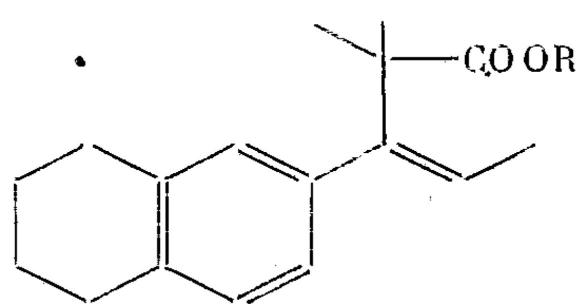
(III_a) R = HO, R' = H,
(III_b) R = R' = H,
(III_c) R = H, R' = CH_3,

(IV_a) R = H
(IV_b) R = CH_3,
(IV_c) R = C_2H_5,

En pratique, l'agitation en atmosphère d'hydrogène de cet acide-phénol en solution dans l'acide acétique et en présence de platine d'Adams conduit, après fixation de 3^mol d'hydrogène, à un acide F 113°-114° qui ne contient plus de groupement hydroxyle.

Nous avions remarqué par ailleurs depuis longtemps que l'hydrogénation du méthoxy-ester éthylénique V_a par le platine de Vavon dans l'éther, après absorption d'une molécule d'hydrogène, se poursuivait lentement sans qu'il fut possible, dans des temps raisonnables, de voir l'arrêt de cette fixation. En opérant avec le platine d'Adams dans l'acide acétique, le phénomène est bien plus net ([3]) surtout si, après saturation de la double liaison aliphatique, au moment où la courbe d'hydrogénation subit une cassure nette, on élève la température de l'appareil aux environs de 50°. Dans ces conditions on parvient sans difficulté à fixer en tout 4^mol de gaz et à isoler un ester E_{11} 195°-198° dont la saponification conduit à un acide F 113°-114° se révélant identique au produit précédent.





(V_a) R=CH_3O, R'=C_2H_5,
(V_b) R=H, R'=CH_3,

(VI_a) R=H
(VI_b) R=CH_3
(VI_c) R=$C_6H_5-C_6H_4-CO-CH_2-$

De plus le désoxy-ester éthylénique (V_b) (F 60-61°), dont l'hydrogénation partielle nous avait permis antérieurement d'accéder à l'acide désoxy-allenolique (III_b) ([4]), fixe aisément lui aussi 3^mol d'hydrogène au total en opérant

---

([3]) Dans une communication privée, M. Pfeiffer, de Berlin, nous a fait part d'un résultat semblable et a supposé que la constitution du produit obtenu est bien celle qui se trouve démontrée dans la présente Note.

([4]) HOREAU, JACQUES et JULIA, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1278.

dans les conditions indiquées plus haut. Le produit obtenu après saponification est encore l'acide F 113-114°.

Cet ensemble de faits nous a amenés à considérer la formule (IV_a) comme vraisemblable, ce que nous avons vérifié en en effectuant la synthèse totale : nous faisons agir, selon Reformatzky, l'α-bromo-isobutyrate d'éthyle sur le tétrahydro-1.2.3.4 propionyl-6 naphtalène ([5]), le β-hydroxy-ester obtenu est déshydraté puis saponifié en acide (VI_a) (F 74-75°), dont l'ester paraphénylphénacylé (VI_c) fond à 110°. L'hydrogénation de l'ester méthylique (VI_b) (E_{12} 185-186°) effectuée en présence de platine d'Adams dans l'acide acétique conduit, après fixation d'une seule molécule d'hydrogène, à l'ester saturé (IV_b) qui est saponifié en acide (IV_a) (F 114-115°). L'épreuve du mélange montre que cet acide est identique aux trois produits précédents.

Nous avons vérifié en outre que l'ester tétralinique (IV_c), déshydrogéné par le soufre à 220° fournit, après saponification, un acide dont l'ester méthylique F 71° est identique à un spécimen authentique de désoxy-allénolate de méthyle (III_c).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux analogues de la chloromycétine.* Note de MM. **Buu-Hoï, Ng. Hoań, Pierre Jacquignon** et **Ng. H. Khôi**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'antagonisme biologique entre la vitamine H' (acide *p*-aminobenzoïque) et l'acide *p*-nitrobenzoïque et ses dérivés ([1]) amène à penser que peut-être l'activité antibiotique remarquable de la chloromycétine [*d*-(—)-*thréo*-dichloracétamino-2 paranitrophényl-1 propanediol-1,3] pourrait être liée à une compétition entre ce corps et un métabolite hypothétique de stucture plus ou moins apparentée à celle de la vitamine H'. Cette hypothèse de travail nous a amené à synthétiser des molécules dans lesquelles le groupe paranitro chez la chloromycétine est remplacé par d'autres radicaux (halogènes, alcoyles, alcoyloxy, etc.). Nous décrivons ici la synthèse du (*d*, *l*)-*thréo*-dichloracétamino-2 parachlorophényl-1 propanediol-1,3 (I) et du (*d*, *l*)-*thréo*-dichloracétamino-2 parabromophényl-1 propanediol-1,3 (II) par une méthode analogue à celle qu'ont utilisée Long et Troutman ([2]) pour la chloromycétine elle-même, et récemment, Buu-Hoï et Khôi ([3]) pour un isomère méta de

---

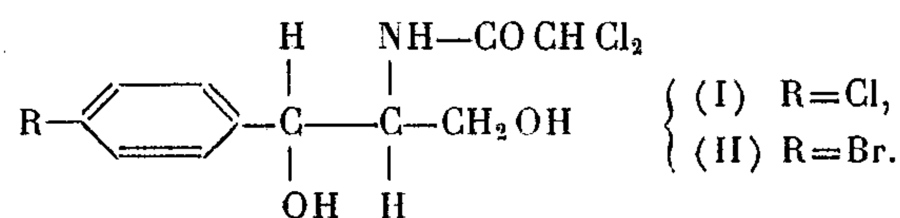
([5]) Barbot, *Bull. Soc. Chim.* 4e série, 1930, 47, p. 1320.

([1]) Miller, *J. Pharmacol. exper. Therapeut.*, 71, 1941, p. 14.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2469.

([3]) Buu-Hoï et Khôi, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1343; Mentzer, Meunier et Molho-Lacroix, *ibid.*, 230, 1950, p. 241, ont récemment rattaché la chloromycétine à la *d*-sérine à laquelle elle ressemble par sa chaîne latérale.

la choromycétine



1. L'ω-bromacétyl-4 chlorobenzène et l'ω-bromacétyl-4 bromobenzène $_{(4)}R—C_6H_4—CO—CH_2Br$ (R = Cl ou Br), substances déjà connues, sont convertis en amines au moyen de la réaction de Délépine : condensation avec l'hexaméthylènetétramine (solvant : chlorobenzène; $t^o = 50^o$), ce qui donne avec des rendements de 95 à 98 %, les composés d'addition quaternaires $_{(4)}R—C_6H_4—CO—CH_2Br, (CH_2)_6N_4$ (le composé où R = Cl cristallise de l'éthanol en aiguilles incolores, F avec décomp. vers 180°). Ces corps, traités en milieu alcoolique (16 heures à 20°) avec ClH concentré, sont convertis en chlorhydrates de *p*-chlorophénacylamine $_{(4)}Cl—C_6H_4—CO—CH_2NH_2,ClH$ (cristallise de l'eau en aiguilles incolores, F 260° avec décomp.) et de *p*-bromophénacylamine (aiguilles incolores, F 258-259° avec décomp.) Rdt 80 à 88 %.

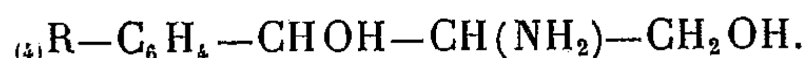
2. L'action de l'anhydride acétique (en milieu aqueux tamponné par l'acétate de Na) sur les sels d'amines précédents conduit à α-acétamino-*p*-chloracétophénone $_{(4)}Cl—C_6H_4—CO—CH_2NHCOCH_3$ (qui cristallise de l'acétate d'éthyle en aiguilles incolores, F 175°), et à α-acétamino-*p*-bromacétophénone (cristallise de l'acétone en aiguilles brillantes, F 187°) Rdt 68 à 75 %.

3. L'agitation des composés acétylés précédents avec du formol à 35 % en présence de CO_3HNa analytiquement pur (2 heures à 35° en milieu éthanol) conduit avec des rendements de 80 à 85 %, à α-acétamino-β-hydroxy-*p*-chloropropiophénone (qui cristallise de l'acétate d'éthyle en prismes incolores, F 118°), et à α-acétamino-β-hydroxy-*p*-bromopropiophénone (aiguilles incolores, F 142-143°) $_{(4)}R—C_6H_4—CO—CH(NHCOCH_3)—CH_2OH$.

4. La réduction des cétones précédentes par l'isopropylate d'Al (2 à 3 heures en solution dans l'isopropanol) conduit à (*d*, *l*)-*thréo*-parachlorophényl-1 acétamino-2 propanediol-1.3 (qui cristallise de l'alcool en aiguilles feutrées incolores, F 165°), et à (*d*, *l*)-*thréo*-parabromophényl-1 acétamino-2 propanediol-1.3 (qui cristallise de l'acétate d'éthyle en prismes incolores, F_{inst} vers 180°) $_{(4)}R—C_6H_4—CHOH—CH(NHCOCH_3)—CH_2OH$. Nous n'avons obtenu qu'un seul isomère dans chaque réduction, et, par raison d'analogie avec le cas de la chloromycétine, nous attribuons la configuration *thréo* aux corps obtenus.

5. Le traitement par ClH à 5 % ($t^0 = 95^o$; 2 heures) des amides précédents donne, après alcalinisation à la soude, le (*d*, *l*)-*thréo*-parachlorophényl-1 amino-2 propanediol-1.3 (qui cristallise du benzène en prismes incolores, F 123°), et le (*d*, *l*)-*thréo*-parabromophényl-1 amino-2 propanediol-1.3 (fines aiguilles

incolores, F 108°, rougissant par conservation)



6. Ces bases libres, chauffées 2 heures au bain-marie avec un excès de dichloracétate de méthyle, conduisent à (*d*, *l*)-*thréo*-parachlorophényl-1 dichloracétamino-2 propanediol-1.3 (qui cristallise du benzène en fines aiguilles incolores, F 111°), et à (*d*, *l*)-*thréo*-parabromophényl-1 dichloracétamino-2 propanediol-1.3 (qui cristallise du benzène en fines aiguilles, F 118°). D'après des tests préliminaires *in vitro*, les composés (I) et (II) présentent une certaine activité contre le *Shigella paradysenteriæ*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses dans la série de l'anthracène.* Note de M. **Paulus de Bruyn**, présentée par M. Marcel Delépine.

Sandin, Kitchen et Fieser [1] n'ont pu obtenir le tétraméthyl-1.2.9.10 anthracène par suite de l'extrême oxydabilité de ce corps.

J'ai donc préparé deux mésodiméthylanthracènes portant des substituants en 1.2, qu'on peut bien considérer comme les premières substances connues de cette série : le *triméthyl*-2.9.10 *chloro*-1 *anthracène* $C_{17}H_{15}Cl$, F 88° [2] (alcool) *picrate* F 130° (benzène), et le *diméthyl*-9.10 *diméthoxy*-1.2 *anthracène* $C_{18}H_{18}O_2$, F 101°-102° (alcool) *picrate* F 111° et 121° (alcool). Le premier est légèrement oxydable en solution benzénique, le deuxième est parfaitement stable. Notons que les points de fusion du triméthyl-2.9.10 chloro-1 anthracène et de ses dérivés sont très voisins de ceux du diméthyl-9.10 éthyl-2 anthracène et de ses dérivés correspondants.

Pratiquement, il n'y avait jusqu'ici que deux méthodes très limitées pour la préparation de mésodiméthylanthracènes : celle de Bachmann et Chemerda (1938) et celle de Sandin et Fieser (1940). La première qui est une simple application, non dépourvue d'élégance cependant, de la méthode de déméthoxylation de Ziegler [3], semble s'appliquer plutôt aux anthraquinones β-alcoylés. La deuxième, trop empirique, s'appliquait aussi aux anthraquinones α-alcoylés, mais échouait déjà dans le cas de la diméthyl-1.4 anthraquinone. La méthode que j'ai développée moi-même [4] semble bien être la plus générale et a surtout l'avantage de s'appliquer à des substituants autres que des alcoyles tels que méthoxy, halogènes et même à des substituants azotés.

Aussi ai-je préparé [en plus du diméthoxy-1.2 mentionné plus haut et du

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 2018.

(2) Tous les points de fusion ont été pris au bloc Maquenne (fusion instantanée).

(3) Ziegler et Thielmann, *Ber.*, 56, 1923, p. 1740; Ziegler et Schnell, *Ann.*, 437, 1924, p. 227.

(4) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1809 et 1953.

méthoxy-2 ([4])], plusieurs corps de cette série, à savoir le *diméthyl*-9.10 *méthoxy*-1 *anthracène* $C_{17}H_{16}O$, F 70° (alcool); *picrate* F 158° (benzène) et le *diméthyl*-9.10 *diméthoxy*-1.5 *anthracène* $C_{18}H_{18}O_2$, F 144° (alcool); *picrate* F 173° (benzène). Les diméthylanthracènes substitués en 1.4 ont un intérêt supplémentaire, car on n'a pas pu préparer par la méthode de Sandin et Fieser le tétraméthyl-1.4.9.10 anthracène à partir de la diméthyl-1.4 anthraquinone ([5]). Je n'ai pas encore pu disposer de la diméthyl-1.4 anthraquinone, mais le quinizarine diméthyléther m'a donné ce qui serait le *diméthyl*-9-10 *diméthoxy*-1.4 *anthracène* $C_{18}H_{18}O_2$, F 79° (alcool); *picrate* F 170° (benzène). Les solutions de ce corps ont une belle fluorescence verte. Son picrate, très noir, est très peu soluble dans le benzène à froid. J'ai quelques doutes sur la constitution de ce corps et la structure d'un diméthyl-1.10 diméthoxy-4.9 anthracène ne me semble pas exclue. La même réserve est valable pour un produit analogue décrit dans la littérature ([6]).

J'ai préparé encore le *diméthyl*-9.10 *iodo*-1 *anthracène* $C_{16}H_{13}I$, F 179-180° (avec resolidification et sublimation rapide vers 250°) (alcool), le *diméthyl*-9.10 *éthyl*-2 *anthracène* $C_{18}H_{18}$, F 88° (alcool); *picrate* F 136° (benzène) et le *diméthyl*-9.10 *diméthylamino*-2 *anthracène* $C_{18}H_{19}N$, F 120° (alcool).

Ce dernier corps a été préparé à partir de la diméthylamino-2 anthraquinone. Cette quinone n'avait été obtenue jusqu'ici que par une voie extrêmement longue et laborieuse ([7]). Je l'ai obtenue sans la moindre difficulté en chauffant l'amino-2 anthraquinone (20^g) avec du carbonate de sodium anhydre (100^g) du KOH (5^g) et du sulfate de méthyle (100$^{cm^3}$) à 140° (1 heure) et ensuite à 170° (2 heures).

C'est là la preuve que la méthode générale ([4]) de préparation de mésodiméthylanthracènes donne aussi des résultats dans le cas de corps azotés.

Le travail est poursuivi. Les détails seront publiés ultérieurement.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Au sujet des deux groupements épitaxiques iodure d'ammonium-mica et bromure d'ammonium-sel gemme.* Note ([*]) de M. **Louis Royer**, présentée par M. Charles Mauguin.

Je me propose dans la présente Note de signaler et de compléter deux exemples d'épitaxie dont j'ai eu connaissance récemment seulement et qui viennent corroborer des observations que j'ai publiées antérieurement.

1. On sait que certains halogénures alcalins orientés sur un clivage de mica,

---

([5]) Sandin et Kitchen, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1305.

([6]) Dufraisse, Velluz et Velluz, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1822.

([7]) Allais, *Ann. de Chim.*, [12], 2, 1947, p. 776.

([*]) Séance du 6 février 1950.

de sorte qu'une de leurs faces $a^1(111)$ coïncide avec le plan $p(001)$ du mica, apparaissent, surtout quand les cristaux sont de petite taille, sous forme de triangles équilatéraux ayant un de leurs côtés parallèle à la rangée [100] du mica. Cela rend possible deux positions différentes I et II que l'on observe effectivement au cours du même essai sur le même clivage de mica. J'ai trouvé qu'il pouvait en être autrement avec l'iodure d'ammonium ([1]) qui, sur un clivage frais de muscovite, peut donner des plages à orientation unique, les cristaux orientés présentant tous soit la position I, soit la position II.

Cet exemple d'orientation particulière de NH_4I sur la muscovite était jusqu'ici resté unique.

Un second cas analogue vient d'être cité par Willems ([2]). Suivant cet auteur, les cristaux sénaires de l'α-hydroquinone sont orientés lorsqu'ils se déposent sur un clivage de mica. Ils peuvent occuper indifféremment trois positions distinctes tournées l'une par rapport à l'autre de 60° autour de la normale au plan d'accolement de telle manière que la rangée [0001] de l'hydroquinone coïncide avec l'une des trois rangées [100], [110], [$1\bar{1}0$] du mica. Mais en provoquant ces orientations sur un clivage frais de muscovite, Willems observe que fréquemment il y a des plages où la totalité des cristaux orientés ne présente qu'une seule des trois positions possibles. Et les contours de ces plages à orientation unique de cristaux d'hydroquinone sont déterminés par les mêmes facteurs que ceux que j'ai été conduit à invoquer dans le cas de l'orientation unique de NH_4I. En plus, comme je l'avais observé dans le cas de NH_4I, Willems précise que ce phénomène d'orientation unique des cristaux d'α-hydroquinone ne se produit que sur le mica muscovite à l'exclusion des autres micas.

2. Dans ces essais d'épitaxie, la muscovite se singularise de tous les autres micas et l'on ne peut pas ne pas se demander quelles sont les raisons de son comportement particulier.

J'avais pensé que dans le cas de la muscovite et de NH_4I, cette orientation unique pouvait être due au fait que les valeurs des paramètres sont très voisines dans ces deux espèces. C'est là certainement une condition nécessaire, mais pas suffisante. En effet, je n'ai jamais pu réaliser une orientation unique de RbI sur de la phlogopite bien que l'écart entre les paramètres de ces deux cristaux soit aussi minime que dans le cas muscovite-NH_4I. Les résultats négatifs sur la phlogopite paraissent indiquer qu'il doit y avoir autre chose qui intervient.

(1) *Bulletin Soc. franç. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 76-82.

(2) *Zeitschrift f. Kristallographie*, 105, 1943, p. 144.

Or, les travaux récents de S. Tolansky et G. Morris ([3]) éclairent cette question d'un jour nouveau.

En déterminant les épaisseurs de nombreuses lames de clivage de muscovite, phlogopite, biotite, lépidolite par une méthode interférentielle, ces auteurs mettent en évidence que toutes ces lames présentent de nombreuses *marches d'escalier*. La *surface* de ces marches est toujours de très faible étendue, sauf dans la muscovite où elle peut atteindre en moyenne un centimètre carré. Parmi tous les micas, seule la muscovite donne donc par clivage des lames pouvant renfermer des plages de quelque étendue à surface rigoureusement plane et d'une homogénéité parfaite. Dans tous les autres micas, ces plages ont des dimensions beaucoup plus réduites, souvent infimes.

A mon avis, c'est l'existence de ces plages homogènes dans la muscovite qui rend possible dans certains cas l'orientation unique de cristaux déposés tandis que l'absence quasi totale de ces mêmes plages dans les autres micas ne permet pas à cette orientation unique de se manifester.

3. Comme je l'ai montré ([4]) la théorie prévoit et l'expérience confirme que des accolements non parallèles sont possibles entre sels haloïdes alcalins à structure NaCl (paramètre a) et ceux à structure CsCl (paramètre a') toutes les fois que se trouve vérifiée la relation $a = a'\sqrt{2}$.

J'ai pu obtenir, entre autres, sur la face b^1 (110) d'un cristal de NaCl des cristaux de NH_4Br accolés à celle-ci par la face b^1 (110) et tournés par rapport au cristal support de 90° autour de la normale à la face b^1 (110) commune.

Cet exemple est resté longtemps unique.

Un deuxième groupement épitaxique du même genre vient d'être réalisé par G. M. Schwab ([5]) suivant une technique très différente de celle que j'avais employée dans le cas de NH_4Br-sel gemme.

Il se rapporte aux deux substances bromure de thallium (cristaux à structure CsCl; $a' = 3,97$ Å) et bromure d'argent (cristaux à structure NaCl; $a = 5,77$ Å). On voit que la condition $a = a'\sqrt{2}$ se trouve remplie avec une approximation suffisante pour qu'il y ait épitaxie entre ces deux sels.

Aussi Schwab observe-t-il entre ces deux corps AgBr-TlBr un groupement épitaxique identique à celui que j'ai signalé avec NH_4Br sur une face b^1 (110) de NaCl. Toutefois dans le cas étudié par Schwab, c'est l'halogénure alcalin à structure CsCl qui joue le rôle de cristal support tandis que dans le cas de NH_4Br-NaCl, c'est l'halogénure alcalin à structure NaCl qui m'a servi de cristal support.

([3]) *The Mineralogical Magazine*, 28, 1947, p. 137-145.

([4]) *Bulletin Soc. Franç. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 92-100.

([5]) *Zeitschrift f. anorganische Chemie*, 254, 1947, p. 241-250.

MINÉRALOGIE. — *Sur un nouveau silicate phylliteux : la Allevardite.* Note de Mlle **Simonne Caillère** et M. **Stéphane Hénin**, présentée par M. Charles Mauguin.

En 1926, Legh Powell a découvert à La Table, près d'Allevard, un minéral d'aspect papyracé.

Diverses tentatives d'identification ont amené à le rapprocher successivement de la kaolinite ([1]), du mica ([2]) ou d'une palygooskite ([3]), sans toutefois que l'ensemble des caractères déterminés concorde totalement avec ceux d'aucune de ces trois espèces.

L'analyse chimique ([1]), comparée avec celle d'une muscovite et d'une kaolinite, montre une teneur en SiO_2 à peu près identique pour les trois minéraux, mais le minéral d'Allevard possède une quantité plus faible de Al_2O_3. Par contre, des éléments secondaires Fe_2O_3, CaO et Na_2O viennent compenser ce déficit d'alumine.

L'analyse thermique fournit une courbe assez difficile à classer. Le fait le plus remarquable est qu'elle peut être modifiée d'une manière notable si l'échantillon est traité par divers agents chimiques et en particulier par le carbonate d'ammonium ([4]).

Ce comportement suggère que le corps possède une structure aisément pénétrable par les ions.

L'examen de plaquettes aux rayons X met en évidence une équidistance principale (001) de 22,5 Å, ainsi qu'une seconde (002) de 11 Å. Cette équidistance anormalement élevée conduit à penser qu'il s'agit d'un type de montmorillonite, dont les feuillets sont séparés par plusieurs couches d'eau. Un diagramme du minéral imbibé de glycérol montre que l'équidistance (001) passe à 25,6 Å. Le deuxième ordre se situe alors à 12,8 Å et l'on observe de nombreuses raies correspondant à des équidistances d'ordres supérieurs. Après chauffage à 500°, le diagramme s'apparente à celui du mica, l'équidistance principale étant de 9 Å. Ainsi il semble que l'on puisse conclure qu'il s'agit d'un produit très hydraté.

La courbe de perte de poids, au contraire, fait apparaître un départ d'eau hygroscopique assez faible de l'ordre de 3 %, donc incompatible avec la conclusion précédente.

D'après ces données, il semble que le minéral soit constitué en majeure partie par deux feuillets type mica séparés, par une couche de molécules d'eau,

---

([1]) S. Caillère, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1795.

([2]) E. Lemoine, *Bull. Hist. Nat. Savoie*, 23, 1935, p. 199.

([3]) S. Caillère et S. Hénin, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 238.

([4]) S. Caillère et S. Hénin, *Ann. Agronomiques*, 1re série, 1947, p. 150.

de la paire de feuillets suivante. Cet assemblage est d'ailleurs le plus fréquent. L'existence de nombreuses lignes peu intenses sur le diagramme de rayons X, se déplaçant avec le degré d'hydratation, indique qu'il existe des combinaisons de feuillets mica et de couches d'eau autres que celle que nous venons de décrire.

La courbe dilatométrique montre une contraction due au départ de l'eau hygroscopique, puis un palier presque horizontal jusqu'à la température de 600° environ, à laquelle le minéral se déshydrate et la structure s'effondre. Il subit alors une dernière contraction. Le comportement est analogue à celui d'un mica hydraté.

Le diagramme de rayons X s'apparente par certains caractères à ceux des corps fibreux, ainsi se trouve confirmé un aspect du minéral signalé antérieurement (4), (5). En vue de préciser sa texture, nous avons demandé à Mlle Mathieu-Sicaud de l'étudier au microscope électronique. L'examen des préparations fait apparaître un aspect rubané extrêmement curieux de la phyllite dont les rubans sont parfois plus ou moins repliés.

On peut dire alors qu'il s'agit de pseudo-fibres, ce qui concilie les différentes observations.

Étant données les propriétés très particulières de ce minéral, nous croyons pouvoir le considérer comme une espèce nouvelle, pour laquelle nous proposons le nom de *allevardite*.

GÉOLOGIE. — *Sur la terminaison orientale du massif de Grande Kabylie et de sa couverture sédimentaire (Algérie).* Note de M. **Louis Duplan**, présentée par M. Charles Jacob.

Au Nord-Ouest du Col de Chellata, dans le haut bassin de l'Oued Sébaou, aux Béni Assène, se termine le massif de Grande Kabylie, tandis que plus au Sud-Est le massif calcaire de Chellata indique le prolongement de la chaîne du Djurdjura. La présente Note a pour objet la description de ces deux régions, séparées par la ligne de crête qui court du Col de Chellata au Col de Tizi N'Cherea.

Le massif de Grande Kabylie, qui s'ennoie vers l'Est sous l'Oligocène transgressif, est constitué par un socle de schistes à séricite, par des schistes du Houiller et par une couverture post-hercynienne de grès rouges triasiques, de calcaires liasiques et de calcaires du Lutétien supérieur. Au point de vue structural on peut y distinguer : au Sud une région Sud-tabulaire ; au Nord-Ouest et au Sud-Ouest, au contraire, un pays qui révèle la présence de six écailles poussées vers le Nord-Ouest, affectant socle et couverture post-hercynienne.

Dans leur partie médiane, à Sidi Adb Er Rhamanne, ces écailles se chevauchent suivant

(5) M. Dériberé, *Bull. Soc. Fr. Min.*, 66, 1943, p. 222.

des surfaces inclinées 50°; l'angle tombe à 20° à peine à l'approche des terminaisons de ces accidents, à Taourirt et à Beni Assène.

Au Sud-Est du socle kabyle, le massif de Chellata représente le prolongement de la chaîne calcaire du Djurdjura, selon le dispositif suivant. Le Djurdjura se lamine complètement à 2^{km} à l'Ouest du Col de Chellata, sous le contact frontal du massif kabyle. Dans ce dernier accident qui se poursuit jusqu'au Col de Tizi N'Cherea, s'enracinent, d'une part, une écaille sub-verticale de Trias et de Lias qui forme la crête de l'Azrou N'Aït Zikki, et, d'autre part, deux autres vastes écailles qui ont déferlé vers le Sud-Est en véritables plis couchés et qui constituent la majeure partie du massif de Chellata. De ces deux écailles, l'écaille inférieure est un pli couché à cœur de Houiller, enveloppé de Keuper et de Lias. Son flanc normal, largement étalé, est recouvert localement par des marnes danomontiennes discordantes et trangressives. Le flanc inverse n'est conservé que sur la bordure, orientale du pli. A sa périphérie, cette écaille chevauche l'Oligocène et le Crétacé inférieur. La surface de contact est inclinée à 60° à la Zaouïa de Chellata et à 20°, au contraire, sur la bordure orientale, à Tizin N'Cherea. L'écaille supérieure forme un vaste lambeau de recouvrement, comportant des calcaires vermiculés du Muschelkalk, des grès rouges du Keuper et des calcaires du Lias. Ce lambeau est entièrement isolé de sa racine, celle-ci étant représentée par des copeaux de Muschelkalk et de Lias pincés verticalement dans l'accident de bordure du massif kabyle. Enfin de petites klippes de Trias ont été respectées par l'érosion entre le lambeau de recouvrement et sa racine.

La description précédente met en évidence la participation de mouvements d'âges variés. La formation des écailles poussées en direction du NW qui, à la terminaison orientale du massif kabyle, découpent le socle de ce massif ainsi que sa couverture jusqu'au Lutétien supérieur compris, est antéoligocène. Quant aux grands plis couchés au Sud qui affectent le massif de Chellata dans le prolongement de la chaîne du Djurdjura, ils sont par contre post-oligocène. Cette observation est en plein accord avec l'attribution, faite par J. Flandrin (1), des dernières phases tectoniques du Djurdjura au paroxysme alpin.

GÉOLOGIE. — *La genèse de certains sables rouges en Afrique équatoriale francaise*. Note de M. **Édouard Roch**, présentée par M. Charles Jacob.

Le centre administratif de Kélo se trouve à 300^{km} au Sud-Sud-Est de Fort-Lamy, capitale du territoire du Tchad, et à mi-distance du fleuve Logone et des Plateaux lakkas, dans une plaine occupée par une formation dépassant 100^{m} de puissance, dont l'âge néogène est probable et que nous nommons *Sables de Kélo*. Siliceux, tantôt fins, tantôt grossiers, souvent argileux, ils sont habituellement de couleur blanche ou jaune-crème, ainsi que le montrent les déblais des puits; mais il arrive que, sur de vastes étendues, les sables, parfois cimentés en grès, offrent une belle teinte rouge brique.

---

(1) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1131-1134.

Le pays de Kélo était autrefois armé d'une cuirasse ferrugineuse *latéritique*, concrétionnée, aujourd'hui morcelée par l'action des eaux courantes; aussi les affleurements de cette roche dessinent-ils à la surface du sol, des festons précédés de buttes-témoins. Suivant une coupe et sur quelques mètres d'épaisseur, on observe entre la cuirasse et les sables blancs, un niveau de pisolites ferrugineux supporté par un niveau de sables rouges. En plan, suivant le caprice de l'érosion, il arrive que les deux horizons rutilants couvrent de grandes étendues : tel est le cas à Bongor Han-han, au Nord de Gounou Gaya, où ils atteindraient une puissance voisine de 10 mètres.

Une telle disposition, souvent observable, confirmée au surplus par l'examen microscopique des grès, suggère que les sables et les grès rouges ont été colorés *per descensum* par les sels de fer de la cuirasse. Les grains quartzeux, anguleux, sont irrégulièrement répartis dans une gangue essentiellement formée de sphérolites d'un hydrate de fer qui est très probablement de la gœthite : les sphérolites sont juxtaposés et séparés par une sorte de polygonage de retrait d'un gel colloïdal, provoqué par une recristallisation tardive accompagnée de dessiccation. La gœthite pénètre dans les fentes les plus ténues du quartz parfois corrodé; de fait, la gœthite contient aussi des vacuoles remplies d'opale et celles-ci sont assez nombreuses et assez grandes pour suggérer des poches de dissolution ultérieurement remplies.

Le processus de formation semble avoir été le suivant : 1° imprégnation du sable par l'hydrate de fer colloïdal en suspension dans une eau susceptible de dissoudre le quartz [abondance de l'opale, aspect corrodé (?) de certains quartz, espacement des grains dans la gœthite]; 2° cristallisation du gel ferrique en sphérolites de gœthite et dessiccation, remaniement de l'opale.

Ajoutons qu'il existe près de Kélo, à quelques mètres de profondeur seulement dans les sables, des bancs (ou des lentilles) d'une cuirasse plus vieille que la précédente. Il s'agit probablement de celle que J. Flandrin vient de signaler dans un rapport sur l'hydrogéologie du Tchad (décembre 1949), bancs qui ont été recoupés par sondages dans la région de Fort-Lamy.

Les berges du Logone montrent, en ravinement au-dessus des Sables de Kélo, des limons brun chocolat, à concrétions calcaires, déposés anciennement par le fleuve; au contact des deux formations, on recueille des débris de la cuirasse.

Il a donc existé vers la fin du dépôt des Sables de Kélo et après celui-ci, deux périodes durant lesquelles se sont produites des actions latéritisantes qui ne se sont plus répétées depuis. Ainsi s'explique la formation de *certains* sables et grès rouges, comme on en trouve souvent à différents niveaux de la série stratigraphique depuis l'Antécambrien supérieur.

PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Amplitude de la variation annuelle de la température moyenne de l'ozone atmosphérique dans les régions polaires.* Note de Mme **Arlette Vassy** et M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Pierre Lejay.

L'un de nous a donné en 1936 (1) la définition et une méthode de détermination de la température moyenne de l'ozone atmosphérique; et nous avons appliqué cette méthode à des mesures systématiques de température pour la première fois au Maroc en 1937 (2).

Utilisée ensuite pour les mesures d'ozone effectuées par Barbier, Chalonge et Vassy à Abisko pendant l'hiver 1934-1935, la méthode a révélé une variation systématique et importante au fur et à mesure de l'augmentation de la durée du jour (3). Ainsi la température moyenne était en gros de — 80° C au début de janvier, — 30° C au début de février, — 10° C au début de mars. Il nous a paru intéressant de voir ce que devenait cette température moyenne durant les mois d'été où la stratosphère des hautes latitudes reçoit le rayonnement solaire pendant une durée prolongée et même sans interruption pendant plusieurs semaines à l'époque du solstice.

Nous avons donc photographié des spectres du Soleil à Uppsala (59°52′ lat. N) et à Abisko (68°20′ N) entre le 1er et le 6 août 1949. Le spectrographe visait directement le Soleil sans interposition de lentille, le temps de pose était de 30 secondes. Les plaques (Kodak Process Regular) étaient étalonnées au moyen de la lumière d'un tube à hydrogène affaiblie par différentes grilles de densités connues. Les spectres d'Abisko, en raison du mauvais temps persistant qui a régné en Scandinavie ce dernier été, ont tous été pris à travers une atmosphère chargée d'humidité; ceux d'Uppsala par temps beau avec quelques nuages. Aussi les spectres d'Uppsala permettant l'utilisation des masses d'air traversées pour la construction de droites de Bouguer, c'est par comparaison avec cette station que nous avons fait les déterminations d'Abisko. La vapeur d'eau présente en effet, comme nous l'avons déjà signalé (4), des bandes d'absorption dans l'ultraviolet, qui viennent se superposer de façon gênante dans la région des bandes de Huggins; ainsi nous avons trouvé une absorption relativement forte entre 3350 et 3200 que nous croyons bon de signaler car elle peut venir fausser les mesures d'épaisseur réduite d'ozone, surtout si l'on opère à basse altitude.

Les mesures faites à Uppsala portent sur des masses d'air allant de 1,365 à midi vrai à 2,58, celles d'Abisko effectuées vers le milieu de la journée sur des

(1) E. Vassy, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1363.
(2) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1232.
(3) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1518; *Nature*, **144**, 1939, p. 284.
(4) *Journ. Phys.*, **10**, 1939, p. 411.

masses d'air de l'ordre de 1,50 à 1,60; pour comparer à Uppsala nous devons tenir compte, dans le calcul de la diffusion moléculaire, de l'altitude d'Abisko qui est de 386^m.

Les épaisseurs réduites obtenues étaient de 2^{mm},72 à Uppsala le 6 août et de 2^{mm},74 à Abisko le 1er août, mesures un peu au-dessus de la moyenne donnée par Tönsberg et Olsen ([5]) pour cette époque de l'année et pour Tromsö (70°).

Le simple examen du graphique donnant les épaisseurs montre que la température moyenne est élevée. Le calcul basé sur les coefficients d'absorption correspondant aux minima donne pour Uppsala une température moyenne de +25° C, et pour Abisko elle est légèrement plus élevée : +30° C. Cette valeur de 30° est en bon accord avec l'extrapolation des valeurs déterminées en 1934 et rappelées au début de cette Note.

Par contre, elle est très différente de la valeur que l'on peut calculer en utilisant, d'une part, les sondages de Rolf à Abisko extrapolés au-dessus de 20^{km}, et, d'autre part, la répartition verticale donnée par Meetham et Dobson (mesures faites en mai et juin). Mais l'on peut remarquer que : 1° cette extrapolation présente une incertitude, et 2° les mesures de répartition verticale de Meetham et Dobson ont été faites par situation anticyclonique, alors que nous avons fait nos mesures dans une situation météorologique très différente. La question se pose de savoir si la répartition verticale de l'ozone n'est pas très différente dans les deux cas.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur une flore d'âge oligocène de Cervera (Catalogne).* Note de M. **Georges Depape**, présentée par M. Roger Heim.

Les plantes fossiles qui font l'objet de cette Note ont été récoltées par M. R. Bataller, professeur à l'Université de Barcelone. Les restes de plantes se trouvent dans un calcaire lacustre d'âge *Sannoisien moyen*, qui affleure aux limites des provinces de Lérida et de Barcelone, à l'Est de Cervera, auprès de la route de Madrid à la Junquera, entre les kilomètres 526 et 530.

Grâce à ces nouvelles récoltes de M. Bataller, j'ai pu réviser et compléter l'étude de cette flore oligocène signalée déjà par Fliche ([1]).

Voici la liste des espèces que j'ai reconnues : celles marquées d'un astérisque sont signalées pour la première fois.

Fougères : *Acrostichum (Chrysodium) Lanzæanum* (Vis.) Reid et Chandler; *Dryopteris (Aspidium) dalmatica* (Heer) Dep.

([5]) *Geophys. Publ.*, 13, n° 12, 1944.

([1]) Fliche, *Bull. de la Instit. Catalan Hist. Nat.*, Vol. 6, n°s 8-9, 1906, p. 115-133, 1 pl., 2 fig. text., Barcelona; *Id.*, vol. 8, n° 7, 1908, p. 77-87, 2 pl.; Depape, *Id.*, vol. 31, n° 7, 1931, p. 15, 2 pl.

Gymnospermes. *Podocarpus eocenica* Ung.

Monocotylédones. Palmiers : *Sabal major* Heer.

Dicotylédones. Salicacées : *Salicites* sp.

Fagacées : *Quercus elæna** Ung., *Quercus** sp.

Myricacées : *Comptonia Schranckii** (Sternb.) Berry; *Myrica banksiæfolia* Ung.; *Myrica* sp. *affin. M. Faya** Ait.

Lauracées : *Phœbe* (*Laurus*) *Vidali* Fliche; *Lindera stenoloba** (Sap.) Laurent; *Cinnamomum lanceolatum* Heer; *Phœbe cerverensis** n. sp.

Nyctaginacées : *Pisonia eocenica* Ett.

Nymphéacées : *Nymphæa Dumasii* Sap.

Simarubacées : *Ailantus cerverensis** n. sp.

Rhamnacées : *Zizyphus Ungeri* Heer; *Scutia* (*Rhamnus*) *Aizoon** (Ung.) Dep.

Ericacées : *Leucothoe* (*Andromeda*) *protogæa* Ung.

Apocynacées : *Apocynophyllum nicæense** Laurent.

Ces végétaux fossiles de Cervera correspondent à des formes qui n'existent plus en Espagne, ni même en Europe, sauf *Salicites* et *Zizyphus*. Les termes de comparaison actuels se rencontrent, pour les autres genres, dans les régions chaudes et intertropicales, spécialement de l'Amérique et du Continent eurasiatique : États-Unis du Sud et du Sud-Est, Antilles, Amérique centrale, Indes, Indochine.

La végétation et le climat actuels des régions côtières et marécageuses de la Floride, des Antilles, des Indes, de l'Indochine, permettent d'évoquer les conditions où a dû se développer la flore de Cervera : station marécageuse où abondaient *Acrostichun, Dryopteris, Nymphæa*. Aux abords des eaux, les Palmiers du genre *Sabal;* puis des forêts où, avec une prédominance de Laurinées, voisinaient des Myricacées, un Chêne-Saule, un Ailante tropical.

La moyenne thermique pouvait être supérieure d'environ 10 degrés à la moyenne actuelle (16° C à Barcelone) et atteindre 25-26° comme aux Indes, en Indochine.

Ces conditions sont en rapport avec la géographie et le climat de l'Europe occidentale à l'époque où végétait la flore de Cervera.

La plupart des espèces de Catalogne se rencontrent dans les flores oligocènes que l'on connaît au Sud-Est et au centre de la France, en Suisse et en Europe centrale.

Quelques-unes de ces espèces ont eu une large répartition dans l'espace et dans le temps, de l'Eocène jusqu'au Miocène et même pour certaines jusqu'au Pliocène. Parmi les plus répandues, notons : *Acrostichum Lanzæanum, Dryopteris dalmatica, Podocarpus eocenica, Sabal, Comptonia Schranckii, Cinnamomum lanceolatum.*

Le niveau géologique de la flore de Cervera (Sannoisien moyen) étant parfaitement daté par la stratigraphie et la faune, cette flore, avec l'ensemble

assez homogène des espèces chaudes qu'elle groupe, constitue un point de repère précieux, pour l'étude de l'évolution des flores tertiaires, dans la péninsule ibérique et en Europe occidentale.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de l'acide indol β-acétique sur les propagules de* Marchantia polymorpha *et de* Lunularia cruciata. Note de Mlle **Jacqueline Rousseau**, présentée par M. Paul Becquerel.

L'action des substances de croissance sur les hépatiques n'a pas fait l'objet à notre connaissance d'un grand nombre de travaux. Witsh (¹) a remarqué que l'adjonction d'acide indol β-acétique entrave la germination et le développement des propagules de *Calypogeia trichomanis* à la concentration de 10^{-7}, alors qu'à la concentration de 2.10^{-9} la germination et le développement des propagules étaient stimulés; mais il n'observa pas d'accroissement de la taille finale des feuilles ni de celle des cellules.

Nous avons étudié l'action de l'acide indol β-acétique aux concentrations de 10^{-3} à 10^{-8} sur les propagules de *Marchantia polymorpha* et de *Lunularia cruciata*.

Les cultures ont été faites dans des boîtes de Pétri sur papier filtre imbibé de solution d'hétéroauxine ou d'eau pour les témoins et à une température d'environ 18°; elles étaient exposées au Nord pendant toute la durée de l'expérience. Les propagules sont tués après 48 heures de contact avec la solution d'indol β-acétique à la concentration de 10^{-3}. Au bout de 3 jours nous avons vu apparaître à la concentration de 10^{-5} des rhizoïdes sur la face dorsale chez environ 60 % des propagules. Le quatrième jour nous avons constaté que 50 % des propagules cultivés dans des solutions à la concentration de 10^{-6} possédaient des rhizoïdes. En même temps nous avons noté un allongement des propagules cultivés dans les solutions d'hétéroauxine aux concentrations de 10^{-5} à 10^{-8}; les propagules cultivés dans des solutions à la concentration de 10^{-4} et dans l'eau avaient sensiblement la même forme et la même taille que le premier jour de l'expérience. Le cinquième jour, nous avons vu des rhizoïdes sur les propagules cultivés dans les solutions à la concentration de 10^{-4} et 10^{-7}. Le nombre et la taille des rhizoïdes ont beaucoup varié avec la concentration; ainsi le sixième jour nous avons observé de 5 à 9 beaux rhizoïdes dorsaux dans 90 % des propagules cultivés dans des solutions de concentration de 10^{-4} et 10^{-5}, de 3 à 6 rhizoïdes dorsaux dans 60 % des propagules cultivés à la concentration de 10^{-7} et 10^{-8}, alors que les propagules cultivés dans l'eau n'ont pas de rhizoïdes dorsaux.

Le papier filtre empêchant de distinguer convenablement les rhizoïdes de la face ventrale qui s'agrippent au substrat, des cultures de propagules ont été

(¹) *Planta*, 30, 1940, p. 664-672.

faites en milieu liquide sur lame de verre. Nous avons vu apparaître des rhizoïdes sur les deux faces pour les propagules cultivés dans des solutions d'hétéroauxine, et seulement sur la face ventrale pour les propagules cultivés dans l'eau.

Les rhizoïdes de la face dorsale, toujours dressés dans l'atmosphère paraissent éphémères. Pour des solutions à la concentration de 10^{-4}, ils persistent de 20 à 25 jours, pour des solutions à la concentration de 10^{-5} et 10^{-6} de 15 à 20 jours, et pour des solutions à la concentration de 10^{-7} et 10^{-8} à peine 10 jours.

En même temps les propagules s'allongent pour donner des thalles. Pendant 20 jours l'allongement est plus grand pour les concentrations de 10^{-5} à 10^{-8} que pour 10^{-4} et les témoins. Au bout de 30 jours il n'y a plus de différence dans la grandeur des thalles, mais ceux provenant de propagules traités à 10^{-4} ont un contour très irrégulier et échancré.

Notons que ces résultats sont valables sans contrôle de la constante de concentration qui a pu diminuer depuis le début de l'expérience.

Les rhizoïdes induits par l'hétéroauxine n'apparaissent qu'à partir des cellules mères qui existent sur les deux faces. Mirbel [2] a fait remarquer le premier que la lumière déterminait la dorsiventralité par l'absence de rhizoïdes sur la face exposée à la lumière. L'hétéroauxine paraîtrait donc s'opposer d'une certaine manière à l'influence de la lumière.

PHYTOGÉOGRAPHIE. — *Sur la strate algale des formations herbeuses du sud du Congo belge (Bas-Congo, Kwango et Katanga).* Note de MM. **Paul Duvigneaud** et **Jean-Jacques Symoens**, présentée par M. Roger Heim.

En 1948, l'un de nous a eu l'occasion d'explorer certaines formations herbeuses des régions sud du Congo belge, et d'y effectuer une série de prélèvements d'Algues, principalement de Cyanophycées. Le matériel ainsi récolté a permis d'y trouver une trentaine d'espèces dont trois sont nouvelles pour la Science : *Schizothrix pseudofriesii*, *Sch. luteola* et *Cirrosiphon geniculatus* [1]. L'ensemble du matériel comporte une proportion élevée (environ 40 %) d'espèces tropicales ou subtropicales; à noter aussi que la plupart des espèces trouvées font partie d'un groupe d'espèces assez constantes sur les sols des pays chauds (notamment de l'Afrique équatoriale française).

Les formations herbeuses du sud du Congo belge où ces récoltes ont été faites peuvent être classées en trois catégories : savanes, steppes et *makanga*.

---

(2) *Mém. Acad. Roy. des Sciences*, 13, 1831-1832, p. 337-436, Paris, 1835.

(1) Les diagnoses sont en cours de publication dans la revue liégeoise de Botanique *Lejeunia* (t. 13).

a. Les savanes, à caractère guinéen, ont une végétation dense et haute (1,5-3^{m}), formée de Graminées appartenant par ordre principal à la tribu des Andropogonées (*Hyparrhenia*, *Andropogon*) et Panicées (*Panicum*, *Pennisetum*). Sous leur couvert, la strate au sol est très réduite : les Bryophytes sont rarissimes, les Algues peu apparentes et localisées aux endroits les plus humides. Une récolte faite dans une savane à *Hyparrhenia diplandra*, à Gombe Matadi, a révélé : *Stigonema informe* et *Fischerella ambigua*.

b. Les steppes, à caractère soudano-zambézien, ont une végétation plus ouverte et moins élevée (hauteur environ 0^{m},5); les Graminées, surtout des Arundinellées (*Loudetia*, *Tristachya*, *Trichopteryx*), y sont assez clairsemées pour permettre la croissance de nombreuses Dicotylédones herbacées atteignant leur développement maximum après l'incendie de la brousse; en outre, assez de lumière parvient au sol pour assurer la formation, dans des conditions d'humidité suffisante, d'une strate algale composée en très grande partie de Cyanophycées. Cette strate se présente sous forme de croûtes rouge sombre, et, dans des conditions optimales, forme un voile quasi continu, qui, après le passage du feu, apparaît noir et corné, tendu entre les bases brûlées des touffes d'herbes. L'espèce dominante est ordinairement *Porphyrosiphon Notarisii*, accompagnée de divers *Stigonema*, *Hapalosiphon*, *Scytonema*, *Symploca* et surtout des *Schizothrix* à gaines jaunâtres (*Sch. luteola*, *Sch. fuscescens*, *Sch. Lamyi*). Le groupement couvre des sols pauvres, sablonneux ou limonitiques, et sa présence, jointe à celle de Xyridacées et d'Eriocaulacées diverses, décèle, en saison sèche, un terrain humide, souvent même couvert d'eau en saison des pluies.

c. Les *makanga* du Bas-Congo portent un troisième type de formation herbeuse, intermédiaire entre les savanes et les steppes. Ces *makanga* caractérisent des régions où l'érosion est encore très active de nos jours, et les *makanga* les plus typiques correspondent à des pentes découpées en gradins par l'érosion. Le sous-sol est schisteux ou calcaire (surtout systèmes schisto-calcaire ou schisto-gréseux). Le sol, limoneux, est très aride, tassé en surface, et peu favorable, ainsi d'ailleurs que les feux de brousse, à l'établissement d'une végétation supérieure; celle-ci comprend seulement quelques arbustes rabougris (*Crossopteryx africana* et *Hymenocardia acida*) et des touffes isolées de Graminées comportant en mélange des espèces des savanes (*Andropogon div. sp.*, *Panicum phragmitoides*) et des espèces des steppes (*Aristida De Wildemani*, *Elyonurus Hensii*, *Schizachyrium semiberbe*, *Loudetia Demeusei*, *Tristachya nodiglumis*, *Ctenium sp.*, etc.). Entre les touffes des Graminées subsistent de vastes espaces où le limon superficiel est colonisé par les plaques du Lichen *Diploschistes* et par des revêtements rougeâtres de Cyanophycées. *Schizothrix purpurascens* domine, accompagné de nombreuses Stigonématacées (en particulier *Stigonema hormoides* et var. *africana*, et *St. minutum*); à signaler aussi la présence assez constante de *Schizothrix*

pseudofriesii, par contre la rareté de *Porphyrosiphon Notarisii*. Le groupement fixe le sol en le cimentant en une croûte mince et compacte, freinant considérablement l'érosion. Disons pourtant qu'au Bas-Congo, ce rôle antiérosif des Algues n'est pas utile, puisque l'érosion est ici régénératrice du sol, par enlèvement du limon superficiel peu productif et mise à nu d'une terre sablo-argileuse fertile résultant de la décomposition des roches sous-jacentes.

ZOOLOGIE. — *Développement indépendant des composants de la coaptation apophyse génitale-endopodites*[1] *chez les Oniscoïdes intersexués*. Note de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Louis Fage.

L'hypothèse de la formation d'une coaptation par induction d'une de ses parties par son antagoniste, émise par M. Kollmann (1937) et reprise par P. Pesson (1944), a été récemment développée par A. Vandel (1948) à propos de la coaptation antenne-gouttière céphalique des Oniscoïdes volvationels.

Cette hypothèse qui peut paraître séduisante au premier abord n'a pas reçu de confirmation expérimentale. Sous réserve de la possibilité d'une telle vérification pour certaines coaptations, un certain nombre d'observations et d'expériences en limitent d'ores et déjà la portée.

Il importe tout d'abord de noter que nombre de coaptations (accrochage des endopodites[1] de certains Oniscoïdes, assemblage des élytres des Coléoptères, assemblage des pièces de la trompe des Lépidoptères, etc.) relient des organes pairs parfaitement symétriques avant l'assemblage. La structure complémentaire est une acquisition postexuviale due à l'interaction mécanique des deux organes. Il est bien évident que la structure préexuviale de ces organes ne peut être attribuée à l'induction d'un organe par l'autre. Elle n'est qu'un aspect de la symétrie bilatérale fondamentale du corps de ces Arthropodes.

En ce qui concerne une des plus remarquables des coaptations sexuelles des Oniscoïdes, la coaptation reliant les endopodites[1] à l'apophyse génitale (les formations antagonistes étant d'une part le bouclier sternal de l'apophyse génitale et d'autre part les lamelles latérales des endopodites[1]), l'examen de nombreux individus intersexués appartenant aux espèces *Porcellio dilatatus* Brandt et *Armadillidium album* B. L. m'a révélé que chez *P. dilatatus* les individus femelles ayant présenté une phase mâle transitoire et non fonctionnelle peuvent offrir des degrés très divers de différenciation des caractères sexuels secondaires en rapport avec la copulation :

Chez une première catégorie d'individus l'apophyse génitale est présente, parfois même très grande, et sa structure est normale, avec un bouclier sternal bien développé. Parallèlement les endopodites[1] sont : soit entièrement femelles, soit mâles d'un seul côté et incomplètement différenciés bien que de grande taille, soit mâles des deux côtés mais au même stade de différenciation incomplète. Dans ces deux derniers cas la structure des endopodites[1] correspond au stade de lame très étirée qui caractérise la cinquième mue de

l'ontogénèse normale des mâles. Les lamelles latérales, parties antagonistes du bouclier sternal de l'apophyse génitale, sont totalement absentes. Les endopodites[2] offrent le même stade de différenciation mâle que les endopodites[1] ou bien sont entièrement femelles.

Chez une deuxième catégorie d'individus l'apophyse génitale est totalement absente. Les endopodites[1] sont partiellement différenciés dans le sens mâle soit d'un seul côté, soit des deux côtés. Les endopodites[2] sont soit entièrement femelles, soit partiellement différenciés dans le sens mâle d'un seul côté ou des deux côtés. De même que chez les individus de la catégorie précédente la différenciation des endopodites copulateurs ne dépasse pas le stade de la cinquième mue de l'ontogénèse normale des mâles. Dans une colonie de 50 individus de l'espèce *Armadillidium album* récoltée à l'anse de Dinan (Finistère) j'ai dénombré 4 intersexués. Aucun ne présentait de trace d'apophyse génitale ; trois d'entre eux offraient une différenciation mâle partielle et asymétrique des endopodites copulateurs. Par contre chez le quatrième individu ces appendices étaient symétriquement développés et leur structure était celle d'un mâle adulte, avec notamment une différenciation normale des lamelles latérales des endopodites[1], malgré l'absence de l'apophyse génitale.

A la suite d'élevages, poursuivis pendant près de deux ans, d'individus intersexués de l'espèce *Porcellio dilatatus*, je puis affirmer que, contrairement à ce qui se passe chez les Isopodes Cymothoadiens, les appendices ayant présenté un début de différenciation mâle au cours d'une première phase de leur croissance, ne subissent aucune régression pendant la phase femelle. Leur différenciation mâle est simplement arrêtée, mais leur croissance se poursuit suivant un taux femelle. L'apophyse génitale ne régresse pas non plus, mais sa croissance est arrêtée conjointement à la persistance de l'état embryonnaire des canaux déférents. Il ne peut donc pas s'agir d'une régression chez les individus où l'apophyse génitale manque totalement, pas plus que chez ceux qui présentent des endopodites[1] soit entièrement femelles, soit partiellement différenciés dans le sens mâle.

Il apparaît donc à l'examen de ces différents cas d'ontogenèse anormale des caractères sexuels secondaires chez les Oniscoïdes présentant un hermaphrodisme protandrique rudimentaire que :

1° L'apparition de l'apophyse génitale et la différenciation des endopodites[1] dans le sens mâle sont des phénomènes ontogéniquement indépendants l'un de l'autre ;

2° L'apparition du bouclier sternal de l'apophyse génitale est indépendante de celle des lamelles latérales sur les endopodites[1].

Ces résultats confirment les conclusions de l'étude expérimentale du développement par ablation précoce de l'un ou l'autre des organes (Legrand, 1946). Ils confirment également les conclusions de l'étude anatomique des espèces appartenant à des superfamilles différentes des Oniscoïdes. J'ai en effet montré que des formations homologues du bouclier sternal et des lamelles latérales des Oniscoïdes supérieurs peuvent soit ne pas coexister soit coexister mais ne coïncider que partiellement chez des espèces moins évoluées, ce qui conduit à concevoir l'apparition de ces formations par mutations indépendantes. Leur coïncidence parfaite chez les Oniscoïdes supérieurs, c'est-à-dire

la grande majorité des Oniscoïdes et la totalité des espèces adaptées aux climats secs, peut être interprétée comme résultant de la conservation par la sélection naturelle d'un dispositif assurant un assemblage précis des organes et par là-même une rapide conduction du sperme lors de la copulation dans une atmosphère sèche. Ceci n'implique évidemment pas que ce dispositif soit le seul qui régisse l'adaptation des Oniscoïdes aux climats secs.

ENTOMOLOGIE. — *A propos d'un* Helotrephidæ *nouveau de l'Afrique éthiopienne* (*Hémiptère-Hétéroptère*). Note de M. **Raymond-A. Poisson**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Les *Helotrephidæ*, petits ou minuscules Hétéroptères Cryptocérates Pléoïdes, groupés actuellement en trois sous-familles : *Neotrephinæ*, *Idiocorinæ*, *Helotrephinæ* offrent un intérêt particulier du fait des relations phylogénétiques qu'ils semblent présenter avec les *Naucoridæ*, notamment les *Potamocorinæ* néotropicaux : *Coleopterocoris* Hung., *Potamocoris* Hung., les plus primitifs d'entre eux ([1]), ([2]). Ils formeraien un chaînon entre cette famille et les *Notonectidæ*. Les adultes d'*Helotrephidæ* manifestent, d'autre part, dans la structure du cephalonotum, des antennes, du labre, des tarses, etc., des caractères de réduction d'allure néoténique, associés à des caractères primitifs, qui ne sont pas nécessairement en rapport avec une adaptation à la vie aquatique.

Les *Neotrephinæ* : *Neotrephes* C., *Paratrephes* C., néotropicaux (Brésil, Guyane française), isolés du vieux monde, sans doute depuis le Jurassique, apparaissent comme plus primitifs, moins évolués que leurs alliés des deux autres familles. Les *Idiocorinæ* : *Idiocoris* E. et C., *Paskia* E. et C. ([3]), ne sont connus qu'à l'état brachyptère et seulement du lac Tanganyika. Les *Helotrephinæ*, éthiopiens et orientaux, représentent le groupement le plus important. Ces derniers comprennent les genres orientaux : *Tiphotrephes* E. et C., *Limnotrephes* E. et C., *Idiotrephes* Lundb., *Helotrephes* Stal, *Hydrotrephes* C. et l'unique genre éthiopien (africano-malgache), *Esakiella* C. ([4]). *Le centre de dispersion de la famille apparaît donc comme oriental.*

On ne connaît encore que peu d'espèces d'*Esakiella* et celles-ci, en général, se caractérisent par leur variabilité ; chaque espèce est représentée dans les différents lacs où on l'a capturée, par une *forme locale* à phénotype bien défini, cet endémisme accusé étant probablement en rapport avec la rareté des macroptères : *E. hungerfordi hunherfordi* (E. et C.), *E. h. ugandensis* C., *E. h. con-*

([1]) W. E. China, *Ann. Mag. Nat. Hist.*, série II, 5, 1940, p. 106.
([2]) H. B. Hungerford. *Ann. Entom. Soc. Amer.*, 35, n° 2, 1942, p. 135.
([3]) T. Esaki et W. E. China, *Trans. Entom. Soc. London*, 2, 1927, p. 279.
([4]) W. E. China, *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 10, 1935, p. 593.

goensis Poisson ([5]), *E. hancocki* (C.), *E. hutchinsoni hutchinsoni* E., *E. h. bunyonica* C., *E. h. balengi* nov., *E. nairobi n. sp.*, pour l'Afrique éthiopienne et, pour Madagascar : *E. eremita eremita* (H.), *E. e. didyi* nov., *E. milloti* n. sp. A cette liste vient s'ajouter un nouveau représentant éthiopien occidental d'une lignée gondwanienne orientale : *Paralimnotrephes* nov. gen, *villiersi* n. sp. Mais alors qu'*Esakiella* est plus spécialement apparenté aux *Helotrephes* et *Hydrotrephes*, *Paralimnotrephes* est affilié aux *Limnotrephes*, *Tiphotrephes*, *Idiotrephes* Ce nouveau genre présente des plaques propleurales acuminées postérieurement, le tégument luisant, les marges latérales du pronotum faiblement carénées, une pilosité éparse de poils grisâtres, couchés, insérés entre les éléments principaux de la ponctuation, le paramère ventral, scaphoïde et falciforme, etc. *P. villiersi* offre un rostre court à quatrième article presque deux fois plus long que le troisième, un labre lamelleux, des antennes de deux articles (un seul article chez la larve); la marge latérale du pronotum se prolonge sur la surface de l'œil, très infléchi latéralement.

L'hémélytre possède clavulus, clavus et corium et la membrane de l'hémélytre gauche est modifiée en une lamelle sur laquelle vient s'adapter, au repos, la base apicale de l'hémélytre droit (individus dextres). Toutes les pattes *sont du type ambulatoire*. Les tibias antérieurs portent un peigne à l'extrémité tarsienne. Les tibias postérieurs sont armés de soies spinulées, *mais entièrement dépourvus, ainsi que leurs tarses, de soies natatoires*. Il semble exister chez l'adulte une glande odorante métathoracique. Les nymphes ont une glande dorso-abdominale impaire, avec pore unique médian (caractère primitif). L'insecte mesure 0,9 à 1^{mm} et a été capturé au Tonkoui (Côte d'Ivoire) (A. Villiers, 1946) dans une petite mare de faible profondeur (4 mâles, 5 nymphes).

P. villiersi est macroptère, avec des ailes postérieures et des muscles du vol apparemment bien développés; les dispositifs coaptatifs alaires, le système stigmatique, sont ceux d'un Hydrocorise de pleine eau, mais la conformation des pattes est en rapport avec une vie benthique, sur un fond sablo-vaseux; de minuscules grains quartzeux parsèment le tégument. L'Insecte ne possède cependant pas de pilosité hydrofuge réalisant un *plastron sternal* du type *Aphelocheirus*; mais de longs poils sur les derniers sternites et une pilosité pleurale retiennent vraisemblablement une réserve de bulles de gaz à volume variable. L'appareil glandulaire tégumentaire, la conformation du labre, le rapprochent des *Naucoridæ* chez lesquels toutefois les larves montrent deux orifices glandulaires latéraux, abdomino-dorsaux, au lieu d'un seul orifice médian.

([5]) *Inst. Parcs Nat. Congo Belge*, 58, 1949, p. 57.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Sur la présence et la nature des acides aminés libres dans l'hypoderme de Crustacés de types pigmentaires variés.* Note (*) de Mme **Andrée Drilhon** et M. **René-Guy Busnel**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons antérieurement montré (1) que les pigments hypodermiques des Crustacés Brachyoures étaient de natures différentes (mélanine, ommatine, flavine, ptérine) selon que l'on étudiait l'hypoderme dorsal ou ventral; des différences encore plus accusées se rencontraient chez les Crustacés Macroures ou Anomoures, dont le plus grand nombre de formes est dépourvu de mélanines, d'ommatines et de flavines. [Crustacés sans mélanine de Verne (2).]

On pouvait émettre l'hypothèse que les différences observées entre les deux hypodermes d'un même animal, ou celles encore plus marquées entre les deux grands groupes de Crustacés, pouvaient tenir à la forme des liaisons des complexes protéiniques. En effet, Verne avait montré que ces tissus hypodermiques avaient un taux d'azote aminé qui variait au cours de la mélanisation, et que les chaînes polypeptidiques, sous l'action de la trypsine, pouvaient libérer des groupes chromogènes mélanisables, mais seulement *in vitro*.

Nous avons commencé l'étude des divers acides aminés libres dans les hypodermes dorsaux et ventraux d'espèces variées de Crustacés appartenant aux différents groupes pigmentaires; la technique de chromatographie sur papier de Condsen et collaborateurs (3) nous a permis d'établir la nature des constituants de cet N aminé. Les espèces étudiées étaient les suivantes : Crustacés à mélanines (*Carcinus mœnas-Cancer pagurus-Maïa squinado*), Crustacés sans mélanine (*Eupagurus bernhardus-Homarus vulgaris-Leander serratus*), Crustacé à ommatines (*Crangon vulgaris*). Les animaux étaient originaires de Dinard et de Roscoff, prélevés tous au stade C (selon Drach), aux époques suivantes : janvier-mai et octobre-décembre.

Les hypodermes, broyés avec du sable de Fontainebleau, en présence d'eau bidistillée chaude, sont centrifugés, puis précipités par quatre fois leur volume d'alcool à 80°. Après macération pendant huit jours à 5° C, l'alcool est évaporé à basse température, sous vide. Le résidu est repris par $0^{cm^3},2$ d'eau bidistillée dont on dépose une quantité égale à 1^{mm^3} d'eau sur papier Whatmann n° 1. La chromatographie est effectuée soit ascendante, soit descendante à 18° C, avec les solvants suivants : phénol-ammoniacal en présence d'HCN; alcool butylique saturé d'eau en présence d'NH^3 à 1 % ; alcool butylique-acide-acétique-eau. Les taches sont révélées par la ninhydrine en solution butylique à 1 %.

Chez les Crustacés à mélanine, nous trouvons d'une façon constante et sans

(*) Séance du 6 février 1950.

(1) R. G. Busnel et A. Drilhon, *Bull. Soc. Zool. France*, 78, 1948, p. 143-185.

(2) *Thèse Fac. Sci.*, Paris, 1921, Éditions Médicales.

(3) R. Consden, A. H. Gordon et A. J. P. Martin, *Biochem. J.*, 38, 1944, p. 224.

qu'il se manifeste de différences qualitatives entre les deux hypodermes les acides aminés suivants, classés par ordre de leur concentration relative : glycocolle, alanine, valine, tyrosine, acide glutamique, acide aspartique, leucine, histidine, proline; chez les Crustacés sans mélanine, on trouve : glycocolle, alanine, valine, acide aspartique, proline. Ils sont beaucoup moins abondants que chez les Brachyoures. Nous avons pu mettre en évidence, par ordre d'importance dans différents types, les variations suivantes :

Homarus vulgaris : Glycocolle, alanine, valine, proline, acide aspartique, acide glutamique.

Eupagurus bernhardus : Glycocolle, alanine, valine, proline, acide aspartique.

Leander serratus : Glycocolle, alanine, valine, acide glutamique.

Dans le cas du *Crangon vulgaris*, crustacé à ommatines dépourvu de mélanine, les acides aminés sont abondants et se répartissent comme il suit : glycocolle, alanine, valine, leucine et des traces de tyrosine.

Il ressort de ces résultats un certain nombre de faits :

1° Il n'apparaît pas de rapport évident entre la pigmentogénèse et la nature des acides aminés libres présents dans les deux hypodermes des Crustacés à mélanine. Les mêmes éléments co-existent dans les deux tissus dorsaux et ventraux, ceux-ci, moins pigmentés semblant quantitativement plus riches.

2° On doit souligner l'absence de tyrosine chez les Macroures et les Anomoures. Cet acide aminé essentiel à la pigmentogénèse existe à l'état de traces chez le *Crangon vulgaris*.

3° L'absence de leucine chez les Crustacés sans mélanine pourrait être également retenue dans son rapport avec l'absence de pigment : on serait amené à le penser à la lumière des expériences de Chodat et Staub ([4]), qui ont montré que l'action enzymatique tyrosinase-tyrosine est favorisée ou inhibée par certains acides aminés, et que la couleur des produits obtenus varie avec la nature des inhibiteurs ou des accélérateurs; la leucine, en particulier est considérée comme accélérateur, et le fait qu'on ne la rencontre pas dans ces groupes sans mélanine peut ainsi, en y joignant le manque de tyrosine, partiellement expliquer l'absence de processus pigmentaires.

BIOLOGIE. — *Sur la différenciation des isohémagglutinines humaines par des grandeurs énergétiques.* Note de MM^mes **Sabine Filitti-Wurmser**, **Yvette Jacquot-Armand** et M. **René Wurmser**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons montré précédemment ([1]) que l'on peut déterminer certaines données énergétiques relatives aux isohémagglutinines humaines en étudiant

([4]) *Arch. Sc. Phys. Nat. Genève*, **12**, 1907, p. 145.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 844-846.

à plusieurs températures leur équilibre avec les groupes agglutinogènes des hématies.

Ces déterminations, outre qu'elles nous renseignent sur la structure chimique des agglutinines, constituent une nouvelle méthode d'investigation de leurs propriétés biologiques.

1° Nous avons trouvé par exemple (²) que l'agglutinine des sérums du sous-groupe A_1 agit sur l'agglutinogène des hématies B suivant une réaction plus exothermique que celle de l'agglutinine des sérums du sous-groupe A_2 avec les mêmes hématies B. Les énergies libres aussi sont différentes. Ceci montre l'existence de deux espèces d'agglutinines anti-B ou β, que nous appellerons $\beta(A_1)$ et $\beta(A_2)$. Cette mise en évidence de diverses agglutinines anti-B vient à l'appui d'une hérédité directe des agglutinines (³) par les mêmes gènes responsables des caractères antigéniques ou par des gènes étroitement liés à eux, plutôt que d'un processus de neutralisation des agglutinines homologues tel que celui suggéré par Bernstein.

2° En outre on peut montrer qu'il existe à l'intérieur du sous-groupe A_1 des agglutinines différentes.

En dehors des déterminations des énergies libres et des chaleurs de réaction, on obtient des différenciations de ces agglutinines β en mesurant à deux températures le nombre maximum d'hématies agglutinées par un sérum maintenu au préalable à 56° C pendant 50 minutes. Ce nombre maximum dépend à la fois de la concentration de l'agglutinine dans le sérum, de la constante de l'équilibre entre les groupes agglutinogènes et l'agglutinine, et enfin de la manière dont le taux d'agglutination varie avec le produit de la constante d'équilibre par la concentration de l'agglutinine. Nous appelons respectivement N_4 et N_{37} les nombres maximum d'hématies agglutinées à 4° C et 37° C. Le rapport N_4/N_{37} se rapproche de l'unité quand le processus d'agglutination est peu exothermique.

Nous avons déterminé les valeurs du rapport N_4/N_{37} pour 21 sérums du sous-groupe A_1. Le chauffage préalable à 56° C pendant 50 minutes est indispensable afin de détruire l'inhibiteur présent en quantité variable dans les sérums et dont l'action s'exerce à 37° C et pas à 4° C. Le nombre maximum à chaque température est obtenu par numération globulaire dans des mélanges contenant $0^{cm^3},6$ de sérum et $0^{cm^3},3$ de suspensions de plus en plus riches en hématies. Sur les 21 sérums du sous-groupe A_1 étudiés, on a trouvé pour 19 d'entre eux un rapport N_4/N_{37} voisin de 2,5, L'hypothèse la plus simple est d'admettre que ces 19 sérums proviennent d'individus de génotype A_1 O dont la fréquence est d'environ 80 % à l'intérieur du sous-groupe A_1. Effectivement deux cas certains de sang du sous-groupe A_1 O entrent dans cette catégorie : un sérum

(²) S. Filitti-Wurmser, Y. Jacquot-Armand et R. Wurmser, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1173-1175.

(³) Furuhata, *Japan Med. Wordl.*, 7, 1927, p. 197.

(mère AB, père B) et un sérum (mère B, père A). Nous désignerons les agglutinines anti-hématies B de ces sérums par le symbole $\beta(A_1 O)$.

Les deux sérums différents pour lesquels le rapport N_4/N_{37} se rapproche de l'unité seraient soit des homozygotes $A_1 A_1$, soit des hétérozygotes $A_1 A_2$. Cette faible valeur du rapport N_4/N_{37} correspond bien à une faible exothermicité. On a pu pour un de ces sérums déterminer le rapport des pentes obtenues en portant en ordonnées l'inverse de la quantité d'agglutinine fixée par hématie et en abscisses l'inverse de la quantité d'agglutinine restée libre une fois l'équilibre établi à 37°C et à 25°C. Le rapport des pentes 1,2 correspond à une valeur de ΔH égale à -2800^{cal}, au lieu de -17000 pour les agglutinines $\beta(A_1 O)$ et -11000 pour les agglutinines $\beta(A_2 O)$.

BIOLOGIE — *Effet de l'oxygène sur la formation des enzymes respiratoires chez la levure de boulangerie.* Note de MM. **Boris Ephrussi** et **Piotr P. Slonimski**, présentée par M. Robert Courrier.

En modifiant les conditions d'aération, on peut induire chez la levure des variations qualitatives et quantitatives du système des enzymes respiratoires. Ces variations, d'une amplitude très considérable, portent sur la synthèse même des cytochromes, et se produisent avec une rapidité étonnante.

Nos expériences sont réalisées dans les conditions suivantes : *Matériel :* Levure de boulangerie (*Saccharomyces cerevisiæ*), souche 59 R. *Milieu de culture* à base d'extrait de levure (1 %) contenant 5 % de glucose. *Température :* 28°. L'*aération* des cultures aérobies est assurée par passage continu d'air dans les flacons ne contenant qu'une couche mince de liquide et agités. L'anaérobiose est obtenue soit en remplaçant l'air des récipients de culture par l'azote dépourvu d'O_2, soit en faisant le vide. Le pourcentage de cellules mortes est négligeable dans toutes les expériences.

1. La levure cultivée en aérobiose présente à l'état réduit le spectre caractéristique du système des cytochromes. L'intensité des bandes α (551, 563, $603^{m\mu}$) est dans l'ordre $c > b > a$. L'intensité de la bande αc, mesurée sur la levure chauffée pendant 20 minutes à 80°, correspond à une teneur en cytochrome c égale à $0^{\gamma},064$ Fe/mgN. La même levure, congelée dans l'air liquide, montre les bandes αc ($547^{m\mu}$) et αa_1 ($\approx 580^{m\mu}$).

2. La levure ayant proliféré en anaérobiose pendant 30 heures, ce qui correspond à six générations cellulaires, présente un spectre très différent et caractérisé par l'absence complète de toutes les bandes normales et l'apparition de deux bandes nouvelles faibles, αa_1 et αb_1, à $\approx 580^{m\mu}$ et $459^{m\mu}$ respectivement. La quantité de cytochrome c est inférieure à 1/50 de la teneur normale : la bande αc est indivisible même dans les préparations chauffées et congelées qui ne montrent donc que la bande αa_1.

3. A ces deux états extrêmes de la constitution enzymatique correspondent deux états métaboliques bien différents, caractérisés par les valeurs consignées dans les lignes 1 et 2 du tableau ci-dessous.

Levure.	$Q_{O_2}(N)$ (1).	$Q_{CO_2}(N)$ (1) (fermentation).
1. Aérobie	710	1000
2. Anaérobie	10	2600
3. » après 3 heures d'aération	370	1900
4. » après 6 heures 30 d'aération	590	1000

4. Mise en présence d'O_2 dans un tampon de phosphate glucosé *dépourvu d'azote*, la levure anaérobie (état décrit en 2) passe en quelques heures à l'état décrit en 1. Les termes de passage sont caractérisés par un effacement progressif des bandes αa_1 et αb_1, accompagné de la réapparition, dans l'ordre indiqué, des bandes c, b et a, dont l'intensité croît avec le temps. Ce processus comporte une augmentation de la teneur en protohémines (mesurée par l'intensité de la bande du protohémochromogène pyridinique réduit) qui passe de $0^{\gamma}{,}06$ Fe/mgN chez la levure anaérobie à $0^{\gamma}{,}18$ Fe/mgN chez la levure aérobie. Les valeurs suivantes de la teneur en cytochrome c décrivent la formation rapide de ce constituant : 2 heures : 0,012 ; 3 heures 30 : 0,030 ; 12 heures : 0,055. L'examen après chauffage et à la température de l'air liquide de levures dans les états intermédiaires décrits ci-dessus montre que l'apparition de la bande αc est accompagnée de celle d'une bande à $556^{m\mu}$. Cette bande commence par être beaucoup plus intense que la bande αc et s'estompe progressivement, à mesure que croît l'intensité de cette dernière.

5. Aux étapes intermédiaires de la constitution enzymatique correspondent des états métaboliques transitoires illustrés par les chiffres donnés dans les lignes 3 et 4 du tableau.

6. Il ressort de ce qui précède que le passage de l'état 2 à l'état 1 peut se produire en absence de divisions cellulaires. L'évolution inverse, passant par des états intermédiaires analogues, peut également être obtenue, mais semble requérir une multiplication cellulaire active. La perte des cytochromes serait donc due en grande partie, sinon entièrement, à un processus de *dilution*.

7. Les expériences décrites mettent en question l'opinion, selon laquelle les ferments respiratoires sont des enzymes constitutifs typiques. Elles montrent en effet, que dans la levure ayant proliféré en absence de O_2, les cytochromes ne sont plus décelables et que leur synthèse, déclenchée par l'oxygène, peut s'effectuer sans multiplication cellulaire. Ces caractéristiques les rapprochent singulièrement des enzymes adaptatifs.

(1) Valeurs obtenues pendant les premières 60 minutes des mesures manométriques en présence de glucose à 4%.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la streptomycino-résistance*. Note (*) de MM. **Paul Hauduroy** et **Willy Rosset**, présentée par M. Joseph Magrou.

On a proposé, pour expliquer l'apparition de la résistance des bactéries à la streptomycine, deux hypothèses : une souche sensible contiendrait des éléments présentant une tolérance naturelle variable, ou bien il se produirait des mutations ou une adaptation.

Opérant avec le *séparateur de germes* (¹) qui permet d'obtenir des colonies dont chacune dérive d'une cellule bactérienne unique, nous avons pratiqué les essais suivants : la streptomycine est mélangée à de la gélose ordinaire en quantités variables. On projette, au moyen du séparateur de germes, sur le milieu, des cultures en bouillon de 24 heures, n'ayant jamais eu de contact avec la streptomycine. On porte à l'étuve. Le tableau I donne les résultats de quelques-unes de nos expérienees.

Tableau I.

Germes utilisés.	Dose en γ de streptomycine par cm³ de gélose.	Lecture après 18 heures.	24 heures.	48 heures.	72 heures.	4ᵉ jour et suivants.
S. typhi (nº 281).....	0 (témoin)	7000 env.	7000	7000	7000	7000
	50 γ	3	5	28	76	76
	100 γ	0	0	0	1	1
	200 γ	0	0	0	0	0
Shi. paradysenteriæ...	0 (témoin)	1600 env.	1600	1600	1600	1600
	5 γ	250	700	700	700	700
	10 γ^cm³	0	0	0	0	0
Es. coli.....	0 (témoin)	5400 env.	5400	5400	5400	5400
	5 γ	5	100	1080	1080	1080
	10 γ	0	0	0	0	0
St. aureus ..	0 (témoin)	5100 env.	5100	5100	5100	5100
	2 γ		500	1500	1500	1500
	5 γ		0	12	36	36
	10 γ	0	0	0	0	0

Pour les quatre germes étudiés on peut faire les observations suivantes :

1° En 18 heures, *S. typhi* en contact avec de la gélose à 50γ de streptomycine par centimètre cube donne 3 colonies; *Sh. paradysenteriæ* (5 γ/cm³), 250 colonies; *Es. coli* (5 γ/cm³), 5 colonies; *St. aureus* (2 γ/cm³), 500 colonies après

(*) Séance du 6 février 1950.

(¹) Paul Hauduroy, *Ann. Inst. Pasteur*, 77, nº 3, sept. 1949, p. 307.

24 heures. Toutes ces colonies sont beaucoup plus petites et beaucoup moins nombreuses que les colonies témoins.

2° Les jours suivants, on constate sur *les mêmes boîtes* l'apparition de nouvelles colonies qui sont petites et le resteront.

3° Pour *S. typhi* et *St. aureus* on constate l'apparition, aux deuxième et troisième jours, de colonies sur les boîtes contenant des doses plus élevées de streptomycine, lesquelles resteront petites.

4° En diminuant la quantité de germes ensemencés et en expérimentant sur des milieux semblables, on obtient des résultats comparables (tableau II).

TABLEAU II. — *Expériences faites avec* Sal. typhi 281.

Dilutions de la culture primitive.	Dose de streptomycine par cm³ de gélose.	Observation après				
		18 heures.	24 heures.	36 heures.	72 heures.	4ᵉ jour et suivants
1/1	0 (témoin)	4500 env.	4500	4500	4500	4500
	50 γ	1	9	800	800	800
	100 γ	0	0	21	150	1500
1/10	0 (témoin)	428	428	428	428	428
	50 γ	0	9	114	114	114
	100 γ	0	0	1	13	13
1/100	0 témoin)	25	25	25	25	25
	50 γ	0	4	6	6	6
	100 γ	0	0	0	0	0

De l'ensemble de ces faits on peut conclure :

1° Les colonies apparaissant aux deuxième et troisième jours en présence de streptomycine sont nées de germes qui n'existaient pas primitivement à l'état de *tolérants spontanés*. Ces germes ont dû probablement *s'adapter* et leur croissance a été ralentie de ce fait.

2° Celles de 18 heures restent petites, et il est logique de penser que leur *adaptation* a été rapide.

3° La proportion des éléments qui peuvent *s'adapter* paraît être à peu près toujours la même pour une souche déterminée (tableau II).

En résumé, on peut admettre qu'une souche sensible à la streptomycine contient :

1° un grand nombre d'éléments dont la croissance sera arrêtée par l'antibiotique ;

2° des éléments capables de tolérer rapidement l'antibiotique ;

3° d'autres, plus nombreux, mettant plusieurs jours pour acquérir cette tolérance.

Il ne semble pas qu'il existe, dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés, d'éléments naturellement streptomycino-tolérants dans les cultures n'ayant jamais eu de contact avec la streptomycine.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 50^m$.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 21 novembre 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Paul Lévy*, Fonctions aléatoires laplaciennes :

Page 1058, 4e ligne, *après* $t \to 2\pi$, *mettre* On suppose de plus $\varphi(t)$ monotone et $\partial\varepsilon(t, u)/\partial u$ tendant aussi vers zéro.

(*Comptes rendus* du 30 janvier 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Paul Lévy*, Sur l'aire comprise entre un arc de la courbe du mouvement brownien plan et sa corde :

Page 433, 7e ligne en remontant, *au lieu de* $\Sigma\xi_n^2/\lambda_n$, *lire* $\Sigma\xi_n^2/2\lambda_n$.

» 434, 3e ligne, *au lieu de* $\frac{\cos zu - 1}{u \operatorname{sh} \frac{u}{2}}$, *lire* $\frac{\cos zu - 1}{u \operatorname{sh} \frac{u}{2}}$.

» » 5e ligne, *au lieu de* en carré, *lire* en carrés.

» » 6e ligne, *au lieu de* $\frac{\xi_n^2 + \eta_n^2}{n + \frac{1}{2}}$, *lire* $\frac{\xi_n^2 - \eta_n^2}{2n + 1}$.

» » 22e ligne, *au lieu de* programme, *lire* problème.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JANVIER 1950 (*suite*).

Œuvres de Bernard Bolzano, éditées par la *Société royale des lettres et des sciences de Bohême*. T. V. *Mémoires géométriques*. Prague, 1948; 1 vol. 25cm,5.

Úvod do teori grup, par OTAKAR BORUKVA. Praha, Vydala Královská česká společnos, nauk, 1944; 1 fasc. 24cm.

Nový způsob vyšetrování výkonnosti systému dýchání-oběh par PREMYSL PELNAR. Prahat Nakladem české Akademie věd a Umění, 1948; 1 fasc. 24cm.

Ministerio de Industria y Trabajo. Servicio oceanografico y de Pesca. Publicaciones cientificas. N° 1. *El mar de solis y su Faunas de Peces* (1 *a* Parte), por FERNANDO DE BUEN. Montevideo, Imprimerie nationale, 1949; 1 fasc. 27cm,5.

Vives y el Pensamiento español de La Paz, par JUAN CHABÁS. La Habana, Direccion de cultura de la F. E. U.; s. d.; 1 fasc. 23cm,5.

Regia Societas scientiarum bohemica Pragæ. *Das problem der vitalität des Zahnschmelzes*, von VRATISLAV BAŽANT und F. K. STUDNICKA. Prague, 1941; 1 vol. 25cm.

Was erhofft sich der Pflanzenzüchter von den Weizen-, Roggen- und den Weizenquecken-Bastarden? von ERICH TSCHERMAK-SEYSENEGG. 1 fasc. 24cm.

Ist es möglich, Erbsensorten zu züchten, die vom Erbsenkäfer weniger befallen werden?, von ERICH TSCHERMAK-SEYSENEGG; Sonderdruk aus *Die Bodenkultur*, Heft 2. Wien V., Verlag Georg Fromme & C°, 1949; 1 fasc. 24cm.

Université de Paris. Les conférences du Palais de la Découverte. *Fermentation et respiration*, par E. AUBEL; *La bière, orges et houblons*, par LOUIS BLARINGHEM; *Les hormones artificielles*, par ROBERT COURRIER; *Le temps et sa mesure*, par ANDRÉ DANJON; *Les récents progrès des théories chimiques et le problème du cancer*, par RAYMOND DAUDEL; *Les industries des matières plastiques. Possibilités de leur développement en France*, par GEORGES DUPONT; *La science des poissons*, par RENÉ FABRE; *Les facteurs de la forme chez les êtres vivants*, par EMMANUEL FAURÉ-FRÉMIET; *Les mathématiques dans les sciences humaines*, par MAURICE FRÉCHET; *Sang conservé et plasma en thérapeutique*, par JULLIARD; *La streptomycine et ses applications thérapeutiques*, par CONSTANTIN LEVADITI; *Étude des particules nucléaires et cosmiques au moyen des émulsions sensibles*, par MAX MORAND; *La parthénogenèse* (reproduction virginale) *chez les animaux*, par JEAN ROSTAND; *La topologie*, par M.-A. SAINTE-LAGUË; *L'exploration de la haute atmosphère à l'aide des engins autopropulsés*, par ÉTIENNE VASSY; *Le mécanisme biologique et les conditions de l'hérédité*, par MAURICE VERNET. Alençon, Poulet-Malassis, 1949; 16 fasc. 18cm.

Idem. — *La forme et la nature des liaisons chimiques*, par C. A. COULSON; *Histoire de deux appareils du Palais de la Découverte. Le commutateur à jet ondulé et la génératrice acoustique Hartmann*, par JULIEN HARTMANN; *Quelques aspects chimiques des problèmes de valorisation de la houille*, par PAUL ERCULISSE. Alençon, Poulet-Malassis, 1949; 3 fasc. 21cm.

Microbiologie du sol. Problèmes et méthodes. Cinquante ans de recherches. Œuvres complètes, par SERGE WINOGRADSKY. Paris, Masson, 1949; 1 vol. 25cm.

Encyclopédie entomologique. XXIII. *La biologie des Lépidoptères*, par PAUL PORTIER. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 1 vol. 25cm,5.

Cours et Conférences de l'école française d'Extrême-Orient 1948-1949. *La science et l'Extrême-Orient*, par PIERRE HUARD : Publications de l'École française d'Extrême-Orient. Hanoï, Imprimerie Minsang, 1949; 1 vol. polycopié 32cm.

Health Services for Massachusetts Children, by LENDON SNEDEKER. The American Academy of arts and sciences, 1949; 1 vol. 23cm,5.

Application d'opérateurs intégro-combinatoires dans la théorie des intégrales multiples de Dirichlet, par FÉLIX POLLACZEK. Extrait des *Annales de l'Institut Henri Poincaré*. T. XI. Fasc. 3. Paris, Gauthier-Villars, s. d.; 1 fasc. 27cm.

Academy of sciences of the U. R. S. S. *Transactions of the Pavlov Institute of the evolutional Physiology and Pathology of the higher nervous activity*. T. I. Publishing house of the Academy of Sciences of the U. R. S. S., 1947; 1 vol. 27cm (en langue russe).

I. P. PAVLOV. *Recueil des œuvres complètes*. T. IV. Moscou, Académie des sciences de l'U. R. S. S., 1947; 1 vol. 26cm (en langue russe).

Parc national de l'Upemba, Congo belge. *Vues en couleurs*. Série 1 à 9. Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Bruxelles, Établissement Jean Malvaux, s. d.; 1 carnet 15cm.

Œuvres de Henri Poincaré publiées sous les auspices de l'Académie des sciences, par la SECTION DE GÉOMÉTRIE. T. V. publié avec la collaboration de ALBERT CHÂTELET. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 28cm,5.

Les principes de l'analyse géométrique. T. II. Fasc. A. *Base méthodologique*. Paris, Librairie Vuibert, 1950; 1 vol. 25cm,5.

VI Polski zjazd mathematyczny *Jubileusz 40- lecia* dzialalnosci na Katedvze universyteckiej, par WACLAWA SIERPINSKIEGO. Warszawa, Staraniem Komitetu Jubileuszowego, 1949; 1 vol. 25cm.

Protectorat de la République française au Maroc. Direction générale des travaux publics. Service des mines et de la carte géologique. *Notes et Mémoires. Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine (Maroc occidental)*, par FERNAND DAGUIN. Montpellier, Imprimerie coopérative L'Abeille, 1927; 1 vol. 25cm.

Id. N° 40. — *Essai sur la géologie du Rif septentrional* et *Planches hors-texte*, par PAUL FALLOT. Rabat, Imprimerie officielle, 1937; 2 vol. 28cm.

Collection de monographies sur la théorie des fonctions. *L'analysis situs et la géométrie algébrique*, par S. LESCHETZ. Paris, Gauthier-Villars, nouveau tirage, 1950; 1 vol. 25cm.

Id. — *Leçons sur la théorie des fonctions*, par ÉMILE BOREL. Quatrième édition. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 25cm.

Parcs nationaux du Congo belge. Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Bruxelles, Weissenbruch, 1949; 1 fasc. 21cm.

Institut des parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. Mission H. Damas (1935-1936). Fasc. 18. *Hydrachnellæ*, von O. LUNDBLAD. Fasc. 19. *Algues et Flagellates*. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fasc. 60. *Tenthredinidæ* (Hymenoptera tenthredinoidea), par J. PASTEELS. Fasc. 61. *Odonata*, by F. C. FRASER. Bruxelles, 1949; 4 vol. 28cm.

Expériences faites dans la culture du peuplier en Italie, par GIACOMO PICCAROLO. Extrait des *Comptes rendus* du Xe Congrès, Zürich 1948, de l'Union internationale des Instituts de recherches forestières; 1 fasc. 24^{cm}.

Université de Paris. Faculté de pharmacie. *Programme d'études et Renseignements scolaires*, 1949; 1 vol. 24^{cm}.

La pharmacie française. Enseignement et Exercice de la profession. Règlements et organisation, par RENÉ FABRE. Lons-le-Saulnier, Maurice Declume, 1949; 1 vol. 24^{cm},5.

Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France. Centenaire. Fasc. 4. Paris, Hôtel de la Société, 1948; 1 vol. 24^{cm}.

Le Valois. Phytosociologie et Phytogéographie, par PAUL JOVET. Paris, S. E. D. E. S., 1949; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. R. Combes).

Actualités scientifiques et industrielles. 1079. *Progrès récents de la chromatographie*. Première partie. *Chimie organique et biologique*, par EDGAR LEDERER. Paris, Hermann, 1949; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. J. Duclaux).

Manuel de paléontologie végétale, par LÉON MORET. Paris, Masson et Cie, 1949; 1 vol. 25^{cm},5.

Célèbres problèmes mathématiques, par ÉDOUARD CALLANDREAU. Paris, Albin Michel, 1949; 1 vol. 25^{cm},5 (présenté par M. J. Chazy).

Encyclopédie biogéographique et écologique. III. *Les associations végétales de l'antique forêt de Beine*, par MARCEL BOURNÉRIAS. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 1 vol. 25^{cm},5.

Bibliothèque de l'ingénieur électricien-mécanicien. Cours de mathématiques supérieures appliquées. *Cours de calcul opérationnel (transformation de Laplace)*, par MAURICE DENIS-PAPIN et A. KAUFMANN. Paris, Albin Michel, 1950; 1 vol. 25^{cm},5.

(*à suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 FÉVRIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Paul Brien**, Professeur à l'Université libre de Bruxelles, qui assiste à la séance.

TOPOLOGIE. — *La multiconnexité des ensembles*. Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Définition de l'uni-, de la bi-, de la s.i-connexité d'un espace. Doublets de tous ordres. Tout espace cartésien possède la s.i-connexité de tout ordre s. Irréductibilité des ensembles s.i-connexes relativement à un doublet d'ordre (s-1). Addition infinie d'ensembles fermés s.i-connexes relativement à des suites de doublets d'ordre (s-1), composés d'ensembles irréductibles relativement à un même doublet d'ordre s-2.

J'ai indiqué, dès 1911 ([1]), comment un caractère que j'ai appelé la biconnexité, joint à l'orientabilité, devait servir de base à la topologie du plan. La première de ces propriétés, dont l'extension à la connexité de tout ordre est évidente, se définit de bien des manières équivalentes entre elles. Nous nous arrêterons à la suivante. Nous cherchons dans les espaces cartésiens des termes de comparaison avec les espaces généraux.

Appelons *doublet d'ordre zéro* un système de deux points distincts. Nous disons qu'un ensemble E situé dans un espace métrique U est *uniconnexe* (ou continu) entre ces deux points, ou *relativement à ce doublet*, s'il existe un ensemble fermé (compact) F inclus dans E, renfermant A et B et continu (au sens de Cantor) entre ces deux points. Pour tout nombre positif ε on peut trouver un entier n tel que, aux points m_i d'abscisse $i\delta$, sur l'axe Ox_1 ($0 \leqq i \leqq n$, $m = 0 = a$, $m = b$) correspondent sur F des points respectifs M_i, avec $M_0 = A$, $M_n = B$, la distance $M_iM_{i'}$ étant inférieure à ε si $|i' - i| = 1$. Les points M_i n'étant pas

---

([1]) *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 423-425. *Voir* aussi *id.*, *ibid.*, p. 493-495.

supposés distincts et pouvant se répéter autant qu'on le veut, n peut être accru sans limite. Les seuls cas susceptibles de nous intéresser sont ceux où l'ensemble E est soit *ouvert* dans U, soit *fermé*. En ce cas, E sera dit *uniconnexe* s'il l'est relativement à chacun de ses doublets d'ordre zéro.

Nous appellerons *doublet d'ordre* 1 la réunion de deux uniconnexes fermés distincts (Γ_1, Γ_2) s'appuyant sur un même doublet d'ordre o (A, B).

Nous dirons que l'ensemble fermé F inclus dans U est *biconnexe relativement au doublet* (Γ_1, Γ_2) si, pour tout ε positif, on peut trouver n et p assez grands pour qu'au point $m_{i,j}$ $(i\delta, j\delta)$ du plan des $x_1 x_2$ $(o \leqq i \leqq n, -p \leqq j \leqq p)$ il corresponde respectivement un point $M_{i,j}$ situé sur F, de façon que : $M_{o,j}$ soit A et $M_{n,j}$ soit B, indépendamment de j; $M_{i,p}$ soit situé sur Γ_1 et $M_{i,-p}$ sur Γ_2, quel que soit i; la distance $M_{i,j} M_{i',j'}$ est inférieure à ε si $|i'-i|+|j'-j|=1$.

L'ensemble E ouvert dans U ou fermé, sera dit *biconnexe* si tout doublet d'ordre 1, soit (Γ_1, Γ_2) situé dans E appartient à un ensemble F fermé, inclus dans E et biconnexe entre Γ_1 et Γ_2.

On définit de même : d'abord le *doublet d'ordre* 2 formé de deux ensembles distincts Θ_1, Θ_2 fermés biconnexes relativement à un même doublet (Γ_1, Γ_2) d'ordre 1, ensuite la *triconnexité* d'un ensemble fermé F *relativement au doublet* (Θ_1, Θ_2) inclus dans F. C'est l'existence, pour tout ε positif, de trois entiers positifs n, p, q de façon qu'à $m_{i,j,h}$ $(o \leqq i \leqq n, -p \leqq j \leqq p, -q \leqq h \leqq q)$ de coordonnées $i\delta, j\delta, h\delta$ dans l'espace $Ox_1x_2x_3$ il corresponde sur F respectivement des points $M_{i,j,h}$ ainsi conditionnés : $M_{o,j,h} \equiv A$ et $M_{n,j,h} \equiv B$, indépendamment de j et de h; $M_{i,p,h}$ et $M_{i,-p,h}$ sont respectivement sur Γ_1 et sur Γ_2, et ils dépendent de i, mais non pas de h; $M_{i,j,q}$ et $M_{i,j,-q}$ sont respectivement placés sur Θ_1 et sur Θ_2; enfin la distance de $M_{i,j,h}$ à $M_{i',j',h'}$ est inférieure à ε si $|i'-i|+|j'-j|+|h'-h|=1$.

On définit progressivement une pluriconnexité de tout ordre entier.

Théorème. — *L'espace cartésien de toutes dimensions* U *possède la pluriconnexité de tout ordre.*

Par exemple, soit à démontrer que U possède la triconnexité. Conservons les notations et les hypothèses précédentes. On peut supposer qu'à un même système $m_{i,j}(o \leqq i \leqq n, -p \leqq j \leqq p)$ correspondent les systèmes de points $M_{i,j}$, $M'_{i,j}$ respectivement situés sur Θ_1 et sur Θ_2 [selon la représentation approchée des biconnexes Θ_1 et Θ_2 relatifs à un doublet d'ordre 1, (Γ_1, Γ_2) s'appuyant sur le doublet (A, B) d'ordre zéro]. Car pour chacun des biconnexes Θ_1, Θ_2, les nombres n et p peuvent être indifféremment augmentés. Dans l'espace cartésien U, soit d le maximum de la distance $M_{i,j}$, $M'_{i,j}$ (pour toutes les valeurs admises de i et de j) et soit $q > d/2\varepsilon$. Nous prenons d'abord $M_{i,j,q} \equiv M_{i,j}$ et $M_{i,j,-q} \equiv M'_{i,j}$, puis pour $-q < h < q$, $M_{i,j,h}$ divisant le segment $M_{i,j}M'_{i,j}$ dans le rapport de $q-h$ à $q+h$. Le point $M_{i,j,h}$ est dans U. Il est visible que la distance de $M_{i,j,h}$ à $M_{i',j',h}$ si $|i'-i|+|j'-j|=1$ est comprise entre les distances de $M_{i,j}$ à $M_{i',j'}$ et de $M'_{i,j}$ à $M'_{i',j'}$, donc est inférieure à ε. D'ailleurs les conditions

aux limites ($i=0$ ou $n, j=p$ ou $-p$) sont vérifiées. U est triconnexe, indépendamment du nombre de ses dimensions.

Un ensemble fermé Φ_s, s.i-connexe relativement à un doublet D_{s-1} d'ordre ($s-1$), implique la définition de doublets $D_0, D_1, \ldots, D_{s-1}$, le doublet D_c d'ordre $c(s=1, \ldots, s-1)$ réunissant deux ensembles fermés Φ_c, Φ'_c, c.i-connexes relativement au doublet D_{c-1} d'ordre ($c-1$).

Si, l'espace U *étant compact, les doublets* $D_{c,n}$ ($c=0, \ldots, s-1$) *dépendant de l'entier croissant n convergent respectivement vers des doublets limites* D_c, *et si* $\Phi_{s,n}$ *est s.i-connexe relativement au doublet* $D_{s-1,n}$, *l'ensemble d'accumulation des* $\Phi_{s,n}$ *est s.i-connexe relativement au doublet* $D_{s-1} = \lim D_{s-1,n}$.

En conséquence, *si l'espace* U *est compact et séparable, l'ensemble fermé* Φ_s, *s.i-connexe relativement au doublet* D_{s-1} *contient un ensemble fermé s.i-connexe et irréductible relativement à* D_{s-1}.

Car il est possible de définir une suite d'*intervalles* (ensembles ouverts) i_n de diamètre tendant vers zéro quand n croît et tels que tout point de U soit contenu dans une infinité d'entre eux. Définissons ainsi $\Phi_{s,n}$: $\Phi_{s,0}=\Phi_s$; $\Phi_{s,n}=\Phi_{s,n-1}-i_n.\Phi_{s,n-1}$ ou $=\Phi_{s,n-1}$, selon que le second ensemble est ou non $s.i$-connexe relativement au doublet D_{s-1}. L'ensemble commun aux $\Phi_{s,n}$ est $s.i$-connexe relativement à D_{s-1}, et il est irréductible.

Si un ensemble fermé Φ_s est s.i-connexe et irréductible relativement au doublet D_{s-1}, toutes les répartitions de points $M_{i,j,\ldots,k}$ dans l'image de Φ_s sur un réseau de points ($i\delta, j\delta, \ldots, k\delta$) sont équivalentes, en ce sens que l'écart mutuel (maximum de la distance d'un point d'un ensemble à l'autre ensemble) de deux systèmes (M), (M') correspondant à un même nombre ε tend vers zéro avec ε.

Les doublets $D_0, D_1, \ldots, D_{s-2}$ étant invariables, soit $\Phi_{s-1,n}$ une suite d'ensembles fermés ($s-1$).i-connexes relativement au doublet D_{s-2}; soient $D_{s-1,n}$ le doublet ($\Phi_{s-1,n}$, $\Phi_{s-1,n+1}$) et Φ'_{s-1} l'ensemble d'accumulation des $\Phi_{s-1,n}$, enfin $\Phi_{s,n}$ un ensemble fermé $s.i$-connexe relativement à $D_{s-1,n}$.

Si chacun des $\Phi_{s-1,n}$ *est irréductible relativement à* D_{s-2}, *l'ensemble* $\overline{\Sigma\Phi_{s,n}}$ *est s.i-connexe relativement au doublet* ($\Phi_{s-1,1}$, Φ'_{s-1}).

GÉOLOGIE. — *Sédimentation rythmique dans les plaines maritimes et au fond des mers.* Note de M. **Maurice Gignoux**.

La sédimentation rythmique régulière de nombreuses séries pélagiques (ex. Jur. et Crét. des Alpes), ainsi que le retour périodique de transgressions, régressions, couches de houille, dans les plaines maritimes, pourraient s'expliquer par des variations périodiques des climats sous-marins (régime des courants) et atmosphériques.

Après avoir étudié la statique (description des couches) et la cinématique (succession de ces couches dans l'espace et dans le temps) des terrains sédi-

mentaires, les géologues s'intéressent de plus en plus à leur dynamique, c'est-à-dire au mécanisme de la sédimentation et aux facteurs qui régissent ce mécanisme. Dans leur essence même, ces facteurs sont bien connus, puisque nous les voyons agir sous nos yeux : transports, sur les continents, par les eaux courantes, les glaciers, les vents, et, dans les océans, par les courants et les chutes d'apports éoliens.

Mais un problème très obscur reste posé par le caractère fréquemment rythmique de cette sédimentation, c'est-à-dire par le retour *périodique* de sédiments *identiques*, qui se succèdent en une série de *cycles sédimentaires* superposés.

L'exemple le plus frappant et aussi le mieux étudié, car il intéresse les exploitations minières, est le retour périodique des *couches de houille* déposées dans le bassin franco-belge, entre autres. La formation d'une couche de houille, dans une plaine maritime, résulte d'un certain équilibre, véritablement *miraculeux*, entre l'altitude de la ligne de rivage et le dépôt des vases ou des sables apportés par les fleuves côtiers ou les courants littoraux. Et ce qui est extraordinaire, c'est de voir ce *miracle* se reproduire, au cours des séries houillères, un grand nombre de fois, sur des étendues de côtes de plusieurs centaines de kilomètres. Et les géologues de nos bassins houillers sont tellement imprégnés de cette notion de *régularité* qu'ils s'efforcent maintenant d'expliquer au contraire les *anomalies* et les *irrégularités* qui viennent la troubler de place en place : témoin le très intéressant travail de P. Stassen sur le Houiller de la Campine (¹).

Mais quant au mécanisme de ce retour rythmique, il semble que la plupart des géologues se contentent d'adopter l'explication développée si clairement dans l'étude, maintenant classique, de P. Pruvost (²) : les plaines maritimes s'affaissaient lentement, par un phénomène de *subsidence*; mais cette subsidence se produisait par *saccades* : des périodes de *soulèvement* du continent, amenant l'assèchement des marécages forestiers, le recul des rivages et l'érosion, alternaient avec des périodes d'affaissement rapide, se traduisant par des transgressions, simultanées depuis l'Angleterre jusqu'à la Westphalie.

J'avoue que ce mécanisme, trop exclusivement *tectonique*, ne me satisfait pas entièrement, et laisse subsister le *problème* de ces retours cycliques; je conçois difficilement d'immenses étendues de côtes le long desquelles le socle continental oscillerait régulièrement, par une sorte de balancement pendulaire. Le *Deus* invoqué pour expliquer ce *miracle* est vraiment trop *ex machina*.

Or les géologues alpins ont constamment sous les yeux des sédimentations

---

(¹) *Bull. Soc. géol. Belgique*, fasc. spécial, 1949, p. 389; *voir* aussi W. VAN LECKWIJCK, *Ibid.*, p. 456.

(²) *Livre jubilaire Cent. Soc. géol. France*, 1930 et *Bull. Soc. géol. France*, 5ᵉ série, 12, 1942.

rythmiques bien plus régulières et à échelle plus grandiose : ils voient aux flancs de leurs vallées, sur des hauteurs atteignant 1000^{m}, des séries sédimentaires jurassiques, crétacées, éocènes, déposées *bien au large des côtes*, et dans lesquelles se succèdent, sur des épaisseurs de plusieurs centaines de mètres, des bancs dont l'épaisseur est de l'ordre du décimètre ou du mètre, et où reviennent périodiquement des roches identiques, alternativement plus argileuses et plus calcaires (ou gréseuses). Ici le miracle est bien plus spectaculaire et éclate même aux yeux des simples promeneurs.

Or le *faciès* d'un sédiment sous-marin est imposé par le régime des courants, leur vitesse, leur capacité de transports solides, la température et la composition chimique des eaux (qui régissent les précipitations et les floculations) : c'est là ce que l'on peut appeler un *climat sous-marin*, par analogie avec les *climats atmosphériques*, qui sont également définis par des régimes de courants et de températures.

Ainsi le rythme régulier de la sédimentation sous-marine serait dû à des oscillations climatiques, s'écartant périodiquement autour d'un climat local *moyen*. Il est évidemment impossible de retrouver des preuves directes de ces oscillations minuscules au cours des périodes géologiques anciennes. Seule l'étude du Quaternaire dans nos régions nous le permet; car là, au cours des *périodes glaciaires*, le *climat moyen* est resté précisément voisin de la *position-limite* qui conditionne le développement ou la disparition des glaciers, entraînant d'ailleurs des variations *eustatiques* du niveau des mers. Rien d'étonnant à ce qu'au Jurassique, par exemple, où le climat moyen était, dans les mêmes régions, beaucoup plus chaud, des oscillations climatiques de même amplitude que celles du Quaternaire ne puissent pas être décelées directement.

Remarquons d'ailleurs que l'épaisseur des sédiments océaniques correspondant à une période glaciaire ou interglaciaire (de l'ordre de quelques dizaines de milliers d'années) semble bien être de l'ordre de grandeur du décimètre; nous serons mieux renseignés à ce sujet quand sera terminée l'étude des carottes des sondages récemment entrepris par les océanographes suédois (Petersson).

Et revenons maintenant à la sédimentation le long des *plaines maritimes*. Son mécanisme vient d'être étudié par plusieurs géologues américains ([3]) dans les dépôts littoraux du bassin crétacé de San Juan (Nouveau Mexique). Ces géologues ont montré, avec des exemples numériques, que la position des anciens rivages dépendait essentiellement du rapport entre les vitesses de la subsidence, d'une part, et de la sédimentation, d'autre part, ce qui est d'ailleurs bien naturel. Ils en déduisent qu'une régression ne prouve pas nécessairement un soulèvement du socle continental, ni un abaissement

([3]) J. D. Sears, G. B. Hunt et T. A. Hendricks, *U. S. geol. surv., Prof. Pap.*, 193-F, 1941; M. Gignoux, *Géologie stratigraphique*, 1950, fig. 3, p. 22.

eustatique du niveau des mers; on peut donc ainsi s'expliquer les déplacements des lignes de rivage, les alternances de transgressions et de régressions, au cours d'une longue période de *subsidence continue*, non interrompue par des soulèvements.

Or les phénomènes de la sédimentation littorale sont évidemment sous la dépendance des variations climatiques, lesquelles règlent le régime des apports fluviaux et des courants littoraux. Mais tandis que loin des côtes, dans le fond de nos mers jurassiques, crétacées ou éocènes, nous retrouvions, pour ainsi dire *à l'état pur*, les traces de ces oscillations climatiques, au contraire sur les plaines maritimes, la régularité de leur rythme est *troublée* par une foule de circonstances locales : changements du réseau hydrographique, se traduisant par des érosions (P. Stassen, *loc. cit.*), tassement des accumulations argileuses ([4]), équivalant à de petites subsidences locales, etc.

Ainsi la cause générale et profonde des rythmes sédimentaires serait à rechercher dans des oscillations climatiques périodiques, évidemment simultanées dans les climats atmosphériques et sous-marins. Ce serait aux astronomes à nous expliquer ces variations rythmiques des climats; jusqu'à présent ils ne semblent pas s'être mis d'accord à ce sujet. Car la fameuse *courbe climatique de Milankovitch*, établie pour expliquer les périodes glaciaires, et à laquelle trop de géologues se fient aveuglément, n'a pas trouvé créance, ni, je pense, auprès des astronomes, ni, en tout cas, auprès des meilleurs spécialistes du Quaternaire, par exemple Flint et Landsberg ([5]) en Amérique, Penck, Schwarzbach et Woldstedt en Allemagne.

PHYSIOLOGIE. — *La diminution avec l'âge de l'hippuricurie provoquée chez l'Homme.* Note de MM. **Léon Binet**, **François Bourlière** et **Denis Coullaud**.

La conjugaison, au niveau du foie et de certains autres tissus, du glycocolle et de l'acide benzoïque est un des mécanismes de détoxication par conjugaison les plus anciennement connus. Chez l'adulte normal, on ne trouve en général qu'une très petite quantité, variable avec le régime du sujet, d'acide hippurique dans les urines. Mais si l'on administre par voie intraveineuse une dose uniforme ($1^g,77$) de benzoate de soude, on recueille dans les urines, une heure après l'injection, une quantité d'acide hippurique qui, chez les sujets normaux, oscille en général autour de $1^g,30$. Tel est le principe du test de Quick ([1]) qui est généralement employé en clinique comme test fonctionnel hépatique.

([4]) T. Robertson, *Trans. Edinburgh geol. Soc.*, 14, 1948, p. 141.
([5]) *Bull. geol. Soc. America*, 60, 1949, p. 1437.

([1]) *Amer. Journ. digest. Dis.*, 6, 1939, p. 716.

Au cours de ces dernières années, différents auteurs [2] ont signalé une diminution en fonction de l'âge du taux de l'hippuricurie provoquée. Mais leurs conclusions s'appuient sur l'étude d'un petit nombre de sujets et il nous a semblé utile de reprendre cette étude sur un plus grand nombre de vieillards, tout en précisant le mécanisme de ce phénomène.

La méthode utilisée par nous est la technique intraveineuse de Quick [1] et le dosage de l'acide hippurique dans les urines a été pratiqué suivant le procédé colorimétrique de Deysson et Alliot [3]. 80 sujets âgés de 62 à 93 ans, dont 67 femmes, ont été étudiés; tous pensionnaires de l'Institution Sainte-Périne, ils vivent dans des conditions identiques et peuvent être répartis, suivant leur état, en trois catégories : la catégorie I (19 femmes et 2 hommes) ne comprend que des sujets sans troubles pathologiques décelables; la catégorie II (20 femmes et 4 hommes) groupe des vieillards dont la seule anomalie est l'existence d'une hypertension systolique bien tolérée supérieure à 20^{cm} Hg; dans la catégorie III (28 femmes et 7 hommes) sont rangés les vieillards présentant des affections dégénératives diverses.

Les résultats suivants ont été obtenus : *entre* 60 *et* 80 *ans,* 15 sujets des deux sexes appartenant à la catégorie I ont une hippuricurie moyenne de $0^g,82 \pm 0^g,15$; 14 sujets de la catégorie II ont une hippuricurie moyenne de $0^g,70 \pm 0^g,24$ et 16 sujets de la catégorie III ont une hippuricurie moyenne de $0^g,56 \pm 0^g,23$. *Entre* 81 *et* 90 *ans*, 6 sujets de la catégorie I ont une hippuricurie moyenne de $0^g,52 \pm 0^g,18$; 14 sujets de la catégorie II ont une hippuricurie moyenne de $0^g,43 \pm 0^g,21$ et 18 sujets de la catégorie III ont une hippuricurie moyenne de $0^g,33 \pm 0^g,09$.

Il apparaît donc clairement que *la sénilité s'accompagne d'une baisse régulière de l'hippuricurie provoquée chez le vieillard sain;* de plus, à âge égal, la valeur de l'hippuricurie est d'autant plus faible que l'état physiologique du sujet est plus mauvais.

Quelle est la cause de cette baisse de l'hippuricurie provoquée? On peut en effet penser qu'elle ne fait que traduire indirectement la diminution avec l'âge de la filtration glomérulaire et tubulaire. En effet, nous avons pratiqué parallèlement au test de Quick et sur dix de nos sujets, les cléarances au mannitol et à l'acide para-amino-hippurique suivant les techniques décrites par Hamburger et Ryckewært [4]; les cinq premiers sujets, âgés de 65 à 85 ans et appartenant aux catégories I et II, présentèrent une baisse de 37 % de leur filtration glomérulaire et une baisse de 27 % de leur filtration tubulaire, alors

---

(2) H.-A. Rafsky et B. Newman, *Amer. Journ. digest. Dis.*, 10, 1943, p. 66; K. Stern, J.-S. Tyhurst et B.-A. Askonas, *Amer. Journ. med. Sci.*, 213, 1946, p. 302.

(3) G. Deysson et M. Alliot, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 29, 1947, p. 423.

(4) J. Hamburger et A. Rickewært, *Nouveaux procédés d'exploration fonctionnelle du rein*. Paris, Flammarion, 1949.

que leur hippuricurie provoquée oscillait autour de la moyenne de 0g,92 ; les cinq autres sujets, âgés de 67 à 89 ans et appartenant tous à la catégorie III, avaient une filtration glomérulaire diminuée de 46 %, une filtration tubulaire diminuée de 51 % et une hippuricurie provoquée moyenne de 0g,55 seulement. L'excrétion de l'acide hippurique se faisant semble-t-il au niveau du tubule, il est logique de penser que la diminution de la filtration tubulaire est responsable en partie de la baisse avec l'âge de la valeur de l'hippuricurie provoquée.

Mais ce mécanisme n'est certainement pas le seul en cause; en effet, comme Stern, Tyhurst et Askonas ([2]) ont été les premiers à le montrer, l'administration par la bouche de 3g de glycocolle, parallèlement à l'injection du benzoate de soude, suffit à faire augmenter le taux d'acide hippurique excrété, une heure après, dans de notables proportions. Nous avons refait cette expérience sur 22 sujets, dont 19 nous ont montré, en effet, par rapport à la valeur de la veille, des augmentations variant de 5 à 290 %. Tout se passe donc comme si l'organisme sénil ne disposait pas de réserves suffisantes en glycocolle.

En résumé, la diminution de l'hippuricurie provoquée chez le vieillard ne paraît pas due à une incapacité enzymatique à conjuguer le glycocolle et l'acide benzoïque, mais bien plutôt à un défaut de mobilisation du glycocolle combiné à une diminution de la filtration tubulaire de l'acide hippurique.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la transformation des cultures de* Bacillus Abortus *en anavaccins*. Note de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou** et **Claude Gerbeaux**.

L'immunisation contre les brucelloses animales n'est pas encore au point malgré les très nombreuses recherches effectuées à cet égard. Les vaccins à base de bacilles vivants et virulents risquent, en créant des porteurs de germes, d'entretenir des foyers de brucellose ou d'en provoquer de nouveaux; les virus-vaccins à virulence atténuée, préparés par exemple à partir de la souche B 19, sont loin d'avoir donné, semble-t-il, les résultats escomptés; les vaccins constitués par des germes *tués* ne se sont pas toujours montrés efficaces car les moyens employés pour détruire la vitalité et la virulence des germes ont été, dans nombre de cas, trop brutaux et ont altéré plus ou moins profondément l'activité immunisante des corps microbiens. Nous avons indiqué à différentes reprises ([1]) qu'il en était ainsi lorsque, par exemple, on utilise d'une façon inconsidérée le formol et la chaleur dans le but d'obtenir des anavaccins, des anavirus, etc...

Dans les essais que nous allons exposer nous nous sommes proposé de fixer la quantité de formol qu'il convient d'ajouter à une suspension de *Bacillus Abortus* et le temps de séjour à l'étuve de cette suspension formolée afin que,

([1]) *Voir* notamment G. Ramon, *Le principe des anatoxines et ses applications*, Paris, 1950.

d'une part, le pouvoir pathogène et le pouvoir de multiplication des germes soient totalement abolis, de telle sorte que le vaccin se montre absolument inoffensif et afin que, d'autre part, la valeur antigène des corps microbiens soit conservée aussi intacte que possible, et permette ainsi l'obtention d'une immunité suffisante.

Influence de la quantité de formol. — Une suspension de *B. abortus* est préparée à partir d'une culture de 48 heures de *B. abortus* sur gélose (3$^{cm^3}$ d'eau physiologique par tube de gélose inclinée) et additionnée de quantités variables de formol (0,025 à 1%). La suspension formolée est placée à l'étuve à 37°. Des ensemensements sur bouillon sont effectués chaque jour à partir de chaque échantillon formolé afin de constater à quel moment les germes sont tués par l'action du formol et de la chaleur.

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

0,025%	de formol :	la suspension formolée	donne encore une culture le 7ᵉ jour;	
0,05	»	»	»	
0,1	»	»	ne donne plus de culture après	24 à 48 heures;
0,2	»	»	»	24 heures;
0,5	»	»	»	12 heures.

Pour transformer les suspensions de *B. abortus* en anavaccin, il semble qu'il y ait intérêt à utiliser une *dose moyenne de* 0,1% *de formol* qui détruit les germes en 24 à 48 heures à la température de 37°. Une dose sensiblement plus forte de formol, par exemple, 0,3-0,5%, etc., risquerait d'altérer l'antigène microbien. Une dose plus faible exigerait un long séjour à l'étuve qui nous semble contre-indiqué et qui, comme nous l'avons constaté, ne mettrait pas l'anavaccin à l'abri des contaminations par d'autres germes.

Influence de la concentration en germes. — Une suspension de *B. abortus*, préparée comme précédemment, est additionnée soit de 0,075, soit de 0,1, soit de 0,2% de formol. Une seconde suspension, préparée de la même façon, mais contenant le double de germes, est additionnée des mêmes quantités de formol. Les diverses suspensions formolées sont placées à l'étuve de 37°. Les ensemencements effectués à partir de ces suspensions donnent les résultats suivants

Dose simple de germes.

0,075%	de formol :	la suspension formolée	donne encore une culture le 4ᵉ jour;	
0,1	»	»	ne donne plus de culture après	24 heures;
0,2	»	»	»	24 heures.

Dose double de germes.

0,075%	de formol :	la suspension formolée	donne encore une culture le	4ᵉ jour;
0,1	»	»	»	4ᵉ jour;
0,2	»	»	ne donne plus de culture le	4ᵉ jour.

La concentration en germes joue un rôle important dans la transformation des suspensions de *B. abortus* en anavaccin. Lorsque la concentration en germes est augmentée, la concentration en formol doit être augmentée également si l'on veut détruire, dans le même temps, le pouvoir de multiplication des germes.

Influence du liquide de suspension. — Pour des concentrations en formol de 0,1 à 0,2 % les germes sont détruits dans le même temps, qu'ils aient été mis en suspension dans l'eau physiologique ou dans un milieu liquide à base de viande de bœuf.

Influence du temps de culture des germes. — Des résultats exactement semblables ont été obtenus en mettant en suspension les germes soit après 24 heures, soit après 48 heures de culture sur gélose.

Mode d'action du formol. — Un certain nombre de suspensions formolées, préparées au cours de notre expérimentation, et qui ne donnaient lieu à aucune végétation après ensemencement sur bouillon, ont été centrifugées et les germes lavés à trois reprises avec de l'eau physiologique, afin d'enlever le formol qui, en excès, aurait pu n'être pas fixé sur ces germes. Les germes ont été alors remis en suspension dans l'eau physiologique et les suspensions réensemencées. Aucune d'elles n'a donné de culture, montrant ainsi que le pouvoir de multiplication des germes était non pas entravé par l'action du formol mais complètement annihilé. Le formol n'a donc pas uniquement une action bactériostatique, mais une action bactéricide et les suspensions obtenues après action du formol et de la chaleur sont donc bien des anavaccins doués, comme leur nom l'indique, d'une innocuité absolue et non pas seulement relative.

Ces résultats montrent que, dans les conditions de notre expérimentation et avec la souche utilisée, la destruction totale de la virulence du *Bacillus abortus* dépend de la quantité de formol ajoutée à la culture, du temps de séjour à l'étuve et de la température de celle-ci, ainsi que de la concentration en germes.

Ajouter trop de formol à une culture ou la laisser trop longtemps à une température trop élevée conduirait non seulement à la destruction des germes, mais aussi à l'altération de leur valeur antigène. On obtiendrait alors un vaccin certes inoffensif, mais d'une valeur immunisante réduite ou nulle. Ajouter trop peu de formol à la culture ou la laisser trop peu de temps à une température trop basse permettrait au contraire de conserver le pouvoir immunisant que possède la souche microbienne, mais ne détruirait pas ou ne détruirait qu'insuffisamment la virulence des germes, d'où des risques d'accidents plus ou moins sérieux.

Pour avoir négligé l'étude préalable de l'action du formol et de la chaleur sur les germes qu'ils employaient, nombre d'auteurs ont préparé des anavaccins qui n'avaient d'anavaccins que le nom, soit qu'ils aient fait preuve d'une nocivité plus ou moins grande pour l'animal auquel on les injectait, soit qu'ils aient été incapables de faire apparaître une immunité suffisante pour assurer la protection de l'animal vacciné.

La conclusion qui se dégage de nos recherches, c'est la nécessité absolue de déterminer expérimentalement pour chaque germe la quantité de formol à ajouter aux cultures de ce germe et l'action de la chaleur sur les cultures formolées, pour les transformer en anavaccins inoffensifs, et ayant cependant conservé leur activité antigénique.

M. **Albert Demolon** fait hommage à l'Académie de la quatrième édition de son livre : *Croissance des végétaux cultivés*.

M. **Maurice Caullery** présente la traduction en français, par Jules Castier, d'un Ouvrage de M. **Julian Huxley**, Correspondant de l'Académie, intitulé : *La Génétique soviétique et la science mondiale*.

M. **Pierre-Paul Grassé** fait hommage du Tome XV : *Oiseaux*, du *Traité de Zoologie, Anatomie, Systématique, Biologie*, publié sous sa direction.

CORRESPONDANCE.

M. **Élias Melin**, élu Correspondant pour la Section de Botanique et M. **Edward Neville Da Costa Andrade**, élu Correspondant pour la Section de Physique générale, adressent leurs remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Encyclopédie biologique. XXXIV. *Faune des Vertébrés du Massif Central de la France*, par Paul Cantuel (présenté par M. Fage).

2° *Some Vertebrate Animals of Ceylon*. Volume I, par P. E. P. Deraniyagala.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Démonstration du principe de l'induction totale*. Note (*) de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Tout ensemble E peut jouer le rôle du nombre cardinal en définissant convenablement la relation d'égalité identique, d'ordination, la somme, etc. [*cf.* (1), (2), (3)]. L'ensemble E considéré comme le cardinal sera désigné par kE. On dira que le cardinal E est identiquement égal au cardinal F et l'on écrira $k\mathrm{E} \equiv k\mathrm{F}$, s'il y a une transformation biunivoque φ vérifiant $\varphi\mathrm{E} = \mathrm{F}$; on pourra s'exprimer que E est une *représentation* (*réalisation*) du cardinal kE. Si $k\mathrm{E} \equiv k\mathrm{F}$, on ne distinguera aucunement kE et kF.

La somme des cardinaux E et F symboliquement : $k\mathrm{A} + k\mathrm{B}$ est l'union $\mathrm{A}_1 \cup \mathrm{B}_1$, les ensembles A_1, B_1 vérifiant $k\mathrm{A}_1 \equiv k\mathrm{A}$, $k\mathrm{B}_1 \equiv k\mathrm{B}$, $A \cap B =$ vide.

On écrit $kA \leqq kB$ s'il y a un C vérifiant $k\mathrm{A} \equiv k\mathrm{C}$, $\mathrm{C} \subseteq \mathrm{B}$. Si $k\mathrm{A} \leqq k\mathrm{B} \leqq k\mathrm{A}$,

---

(*) Séance du 30 janvier 1950.

(1) Birkhoff Carrett, *Generalized Arithmetic* (*Duke Math. J.*, 9, 1942, p. 283-302).

(2) R. Dedekind, *Gesammelte Math. Werke*, III, 1932 (Was sind und was sollen die Zahlen ?).

(3) J. v. Neumann, *Definition durch transfinite Induktion* (*Math. Ann.*, 99, 1928, p. 375-391).

on écrit $kA = kB$; si $kA \leqq kB$ sans que $kB \leqq kA$, on écrit $kA < kB$ et l'on dit que le cardinal A est *inférieur* au cardinal B.

v étant l'ensemble vide, on pose $kv = 0$. Si $x \in E$ entraîne $k(E \setminus \{x\}) = 0$ (4), on pose $kE = 1$; si $x \in E$ entraîne $k(E \setminus \{x\}) = 1$, on pose $kE = 2$, etc. E est *fini*, si pour chaque transformation biunivoque f la relation $fE \subseteq E$ entraîne $fE = E$; E est *infini* s'il existe une transformation biunivoque f telle que $fE \subset E$.

Les cardinaux des ensembles finis non vides s'appellent *nombres naturels*; l'ensemble de tous les nombres naturels sera désigné par N; par exemple $1 \in N$, $2 \in N$; si $n \in N$, $m \in N \setminus \{n\}$, alors $m \neq n$.

Lemme 1. — *Si $n \in N$, le cardinal $n+1$ existe, appartient à N et est le plus petit des cardinaux $> n$.*

Lemme 2. — *Si $1 < n \in N$, il y a un et un seul cardinal désigné par $n-1$ tel que $(n-1)+1 = n$; $n-1$ est le plus grand nombre entier $< n$.*

Principe de l'induction totale. — Soit $E \subseteq N$ un ensemble quelconque vérifiant les deux conditions I, II que voici :

I. $1 \in E$; II. si $n \in E$, alors $n+1 \in E$;

alors $E = N$.

Démonstration. — Soit Φ la famille de tous les $E \subseteq N$ vérifiant les deux conditions I et II; on aura $v \subset \Phi \subset P(N)$ (= l'ensemble de tous les $X \subseteq$)N; désignons par N_0 la partie commune de tous les E précédents, donc

$$N_0 = \bigcap_E E, \qquad (E \in \Phi).$$

Le but sera atteint, lorsque nous aurons prouvé que $N_0 = N$ et dès lors $\Phi = \{N\}$.

Et cela résultera des propositions 1°-5° que voici :

1° $N_0 \in \Phi$, c'est-à-dire N_0 vérifie I et II;

2° Si $F \subseteq N_0$ et si F vérifie I et II, alors $F = N_0$. En effet, on aura également $F \subseteq N$ et dès lors $F \in \Phi$, donc $F \supseteq N_0$. Dès lors, $F = N_0$;

3° L'ensemble N_0 est infini, puisque $n+1$, $(n \in N_0)$ est une transformation biunivoque de N_0 en $N_0 \setminus \{1\}$;

4° Quel que soit $n \in N_0$, l'ensemble $(-\infty, n]_{N_0}$ des éléments x de N_0 tels que $x \leqq n$ vérifie $k(-\infty, n]_{N_0} = n$. En effet, F étant l'ensemble de tous les $n \in N_0$ pour lesquels la proposition 4° subsiste, on voit que $1 \in F$, de plus si $n \in F$, alors $n+1 \in F$, puisque $(-\infty, n+1]_{N_0} = (-\infty, n]_{N_0} \cup \{n+1\}$ et $n < n+1$. Alors, d'après 2°, $F = N_0$.

5° $N_0 = N$. Dans le cas contraire, il y aurait un $m \in N \setminus N_0$, à la suite de 1°, on aurait $m > 1$ et dès lors $m - 1 \in N$; et même, à la suite de II : $m - 1 \in N \setminus N_0$. En posant $m_1 = m - 1$ et $m_{n+1} = m_n - 1$ pour tout $n \in N_0$,

(4) Si A, B sont deux ensembles, A / B désigne l'ensemble constitué des points de A n'appartenant pas à B.

on démontre (par le principe 2°) que, pour tout $n \in N_0$, le nombre m_n existerait et appartiendrait à $N \setminus N_0$.

Or, soit M un ensemble tel que $kM = m$; posons $M_1 = M$; soit $f(1)$ un élément quelconque de M_1; soit $1 < n \in N_0$ et supposons que les ensembles $M_1, M_2, \ldots, M_n$ et les éléments $f(1), f(2), \ldots, f(n)$ soient déterminés tels que $M_{\nu+1} = M_\nu \setminus f(\nu)$, $M_{\nu+1} \setminus M_\nu = f(\nu)$, $kM_\nu = m_\nu$ pour tout $1 \leqq \nu \leqq n$. En posant $M_{n+1} = M_n \setminus f(n)$, on voit que $kM_{n+1} = m_{n+1}$, dès lors M_{n+1} étant non vide, on peut définir $f(n+1)$ comme un élément quelconque de M_{n+1}.

A la suite de 2° on conclut à l'existence des ensembles M_n, $(n \in N)$ vérifiant $M = M_1 \supset M_2 \supset \ldots M_{n+1} \setminus M_n = f(n)$, $kM_n = m_n$ pour tout $n \in N_0$. Par conséquent, les $f(n)$, $(n \in N_0)$ étant deux à deux distincts, leur ensemble serait (d'après 3°) infini et contenu dans M, ce qui est absurde, puisque, d'après $kM = m \in N$, M est fini.

ALGÈBRE. — *Sur une limite supérieure du rapport des valeurs caractéristiques de deux matrices symétriques, définies positives, à éléments réels, dont les éléments correspondants diffèrent peu.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

De nombreux problèmes de mécanique et de physique conduisent à la question suivante : Soient $A = (a_{ij})$ et $B(a_{ij} + \varepsilon_{ij})$ deux matrices carrées, symétriques, d'ordre n, à éléments réels, définies positives. En représentant χ_i et $\eta_i (i = 1, 2, \ldots, n)$ leurs valeurs caractéristiques, trouver une limite supérieure des rapports $\mu_i = \eta_i / \chi_i (i = 1, 2, \ldots, n)$.

On sait (¹) que ces rapports μ_i sont les racines de l'équation

$$\| a_{ij}\mu - (a_{ij} + \varepsilon_{ij}) \| = 0. \tag{1}$$

Le problème revient donc à trouver une limite supérieure des racines de cette équation, racines qui sont réelles et positives puisque les matrices A et B sont définies positives.

1. Nous pouvons mettre l'équation (1) sous une forme équivalente où la variable μ ne figure que sur la diagonale principale d'un déterminant que nous allons apprendre à construire.

Si l'équation (1) est vérifiée pour une certaine valeur de μ, le système différentiel en $x_i (i = 1, 2, \ldots, n)$

$$A\dot{X} - BX = 0, \tag{2}$$

où X est la matrice à une colonne d'éléments $x_i (i = 1, 2, \ldots, n)$, admet un ensemble non nul de solutions.

(¹) Whittaker, *Analytical Dynamics*, Cambridge, 1917, p. 181.

La matrice A étant définie positive, A^{-1} existe; en multipliant à gauche l'équation (2) par A^{-1}, il vient (I_n étant la matrice unité d'ordre n)

$$I_n\dot{X} - A^{-1}BX = 0. \tag{3}$$

Soit alors $X = qe^{\mu t}$ où q est une matrice à une colonne d'éléments

$$q_i (i = 1, 2, \ldots, n);$$

en remplaçant dans (3), il vient

$$(I_n\mu - A^{-1}B)\, q = 0,$$

et pour que l'on ait des solutions non nulles en q, il faut que l'on ait

$$\| I_n\mu - A^{-1}B \| = 0. \tag{4}$$

Il apparaît dès lors immédiatement qu'une limite supérieure des rapports μ_i sera la valeur maximum des sommes, effectuées pour chaque ligne, des modules des éléments de la matrice $A^{-1}B$.

En représentant par (α_{ij}) la matrice A^{-1}, on aura une limite supérieure moins satisfaisante

$$\mu = 1 + n\varepsilon \max \sum_j |\alpha_{ij}| \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n),$$

où $\varepsilon = \max |\varepsilon_{ij}|$.

Ce procédé conduit à calculer A^{-1}, opération qui peut être longue pour des valeurs élevées de n, aussi allons-nous donner une autre méthode.

2. D'après un théorème de M. Hadamard, des conditions suffisantes pour que la relation (1) ne puisse être satisfaite, sont

$$|a_{ii}\mu - (a_{ii} + \varepsilon_{ii})| > \sum_{j \neq i} |a_{ij}\mu - (a_{ij} + \varepsilon_{ij})| \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

Ces conditions sont certainement vérifiées si l'on a

$$a_{ii}(\mu - 1) - |\varepsilon_{ii}| > (\mu - 1)\sum_{j \neq i} |a_{ij}| + \sum_{j \neq i} |\varepsilon_{ij}| \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n),$$

ce qui suppose $\mu > 1$, hypothèse acceptable puisque les μ sont certainement voisins de l'unité, les $|\varepsilon_{ij}|$ étant petits.

Une limite supérieure des μ_i est donc

$$M = 1 + \frac{n\varepsilon}{\min\left[a_{ii} - \sum_{j \neq i} |a_{ij}| \right]} \qquad (i, j, 1, 2, \ldots, n).$$

Il est nécessaire que les expressions qui figurent aux dénominateurs des

inégalités précédentes soient positives; pour que la méthode soit applicable, il faut donc que la matrice A satisfasse aux relations

$$a_{ii}-\sum_{j\neq i}|a_{ij}|>0 \qquad (i, j=1, 2, \ldots, u).$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'itération dans un domaine multiplement connexe.* Note de M. **Michel Hervé**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit, dans le plan de la variable z, un domaine D d'ordre de connexion p ($2\leqq p<\infty$) dont la frontière se compose de p continus non ponctuels disjoints $C_1, \ldots, C_p$; le disque $|Z|<1$ est représenté sur la surface universelle de recouvrement de D par la fonction $z=\Phi(Z)$, automorphe vis-à-vis d'un groupe $\mathcal{G}$ proprement discontinu sur $|Z|<1$ et sur les arcs de $|Z|=1$ images de $C_1, \ldots, C_p$. Soit $\mathcal{F}$ la famille des fonctions analytiques et uniformes sur D, à valeurs dans $\overline{D}$, qui ne mettent pas D en correspondance biunivoque avec lui-même; à $f\in\mathcal{F}$, on associe l'une des fonctions $F(Z)\equiv\Phi^{-1}\{f[\Phi(Z)]\}$; si $F_n(Z)$ est la $n^{\text{ième}}$ itérée de $F(Z)$, on a ([1]), pour $n>n_0$ (n_0 *a priori* variable avec f),

$$(1)\qquad F_n(SZ)\equiv F_n(Z) \qquad (\text{quelle que soit } S\in\mathcal{G}).$$

I. Soit $p=2$: $\mathcal{G}$ est alors réduit aux itérées d'une seule substitution S et la formule (1) à

$$(2)\qquad F(SZ)\equiv F(Z).$$

Par suite, la famille $\mathcal{F}$, qui est *fermée* ([2]) dans la topologie de la convergence uniforme sur tout sous-ensemble compact de D, est aussi *connexe*, c'est-à-dire ne peut être partagée en deux familles disjointes; comme on le verra ci-dessous (II), cette propriété ne s'étend pas au cas $p\geqq 3$.

D'autre part, étant donné $z_0\in D$, les $f\in\mathcal{F}$ telles que $z_0=f(z_0)$ sont fournies ([3]) par

$$(3)\qquad \frac{F(Z)-Z_0}{1-\overline{Z}_0F(Z)}\equiv B(Z_0, Z)\,H(Z), \qquad H\in\mathcal{H}[2\varphi(Z_0)];$$

la *constante de point fixe* ([4]), $\Omega(z_0, D)=\sup|f'(z_0)|$ pour ces f, est donnée par

$$(4)\qquad \log\Omega(z_0, D)=\log\prod_{\substack{n=-\infty\\0\neq n}}^{n=+\infty}\left|\frac{S^nZ_0-Z_0}{1-\overline{Z}_0\,S^nZ_0}\right|-G(z_0, z_0^*);$$

([1]) M. Heins, *Amer. Journal of Math.*, **63**, 1941, p. 461.

([2]) M. Heins, *Duke Math. Journal*, **8**, 1941, p. 312.

([3]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 609.

([4]) G. Aumann et C. Carathéodory, *Math. Annalen*, **109**, 1934, p. 756.

dans cette formule, le produit infini est la borne supérieure de Ω donnée dans ([4]), G est la fonction de Green de D, $z_0^* = -RR'/\bar{z}_0$ si D est la couronne $R < |z| < R'$.

Les *fonctions extrémales* $\hat{f}$ telles que $|\hat{f}'(z_0)| = \Omega(z_0, D)$ sont données par

$$(5) \qquad \frac{\hat{F}(Z) - Z_0}{1 - \bar{Z}_0 \hat{F}(Z)} \equiv e^{i\alpha} B(Z_0, Z)\, B(Z_0^*, Z),$$

donc à chaque $e^{i\alpha}$ de module 1 correspond une $\hat{f}$ unique telle que

$$(6) \qquad \hat{f}'(z_0) = e^{i\alpha}\Omega(z_0, D).$$

Quel que soit α, $\hat{f}(z_0^*) = z_0$; $\hat{f}$ prend encore la valeur z_0 en une infinité d'autres points, mais variables avec α; d'une façon générale, elle prend chaque valeur $z_1 \in D$ une infinité de fois; si C_1 et C_2 sont des courbes de Jordan, ces points où $\hat{f}(z) = z_1$ se répartissent en 4 suites convergeant respectivement vers deux points de C_1 et deux points de C_2; chacun de ces quatre points (qui sont points singuliers de $\hat{f}$, les seuls si C_1 et C_2 sont analytiques), si α croît de $\Delta\alpha$, décrit, dans le sens négatif par rapport à D, un arc de C_1 ou C_2 dont la somme des mesures harmoniques par rapport à D aux points z_0 et z_0^* est $\Delta\alpha/2\pi$.

II. Soit $p \geqq 3$: comme $f \in \mathcal{F}$ est par hypothèse uniforme, à chaque $S \in \mathcal{G}$ correspond $U(S) \in \mathcal{G}$ telle que

$$(7) \qquad F(SZ) \equiv U(S)\, F(Z),$$

ce qui définit un endomorphisme $U(S)$ de $\mathcal{G}$ associé à chaque $F(Z)$; à la $n^{\text{ième}}$ itérée $F_n(Z)$ de $F(Z)$ est associée la $n^{\text{ième}}$ itérée $U_n(S)$ de $U(S)$; si $T \in \mathcal{G}$, à $TF(Z)$ [relative à la même fonction $f(z)$ que $F(Z)$] est associée $TU(S)T^{-1}$, transmuée de $U(S)$.

On peut alors partager $\mathcal{F}$ en classes en posant que f_1 et f_2 sont dans la même classe si $U_1(S)$ et $U_2(S)$ associées à F_1 et F_2 sont transmuées l'une de l'autre. Si une suite $f_q \in \mathcal{F}$ converge (uniformément sur tout sous-ensemble compact de D) vers f, pour $q > q_0$, toutes les f_q appartiennent à la classe de f. Ainsi chaque classe est fermée, de sorte que $\mathcal{F}$ n'est plus connexe dès qu'il y a au moins deux classes, ce qui est le cas dans l'exemple suivant : pour le domaine D, d'ordre de connexion 3, défini par $1 < |z| < 3$, $|z - 8/5| < 1/5$, les fonctions

$$f_1(z) \equiv \frac{z-6}{3}, \qquad f_2(z) \equiv \frac{z+8}{5}$$

appartiennent à $\mathcal{F}$ mais ne sont pas de la même classe.

D'autre part, la famille $\mathcal{F}$ étant fermée et normale, le nombre de classes est fini; il existe donc un entier n_0 tel que l'identité (1) ait lieu pour $n > n_0$ quelle que soit $f \in \mathcal{F}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Comportement à la frontière de la fonction de Green d'une surface de Riemann.* Note de M. **Michel Parreau**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Soit une surface de Riemann S (au sens de H. Weyl et Rado, c'est-à-dire une variété topologique à deux dimensions pourvue d'une structure conforme). Considérons sur S un domaine relativement compact D, de frontière Γ. La méthode de Perron-Brelot ([1]) permet de résoudre le problème de Dirichlet pour D et valeurs frontières quelconques, de façon particulièrement simple si tout point de Γ est régulier (la notion de point régulier a un sens sur une surface de Riemann, puisqu'elle est locale). On peut alors construire une fonction de Green de pôle $q \in D$ pour le domaine D, de la façon suivante : soit V un voisinage de q, appliqué de façon biunivoque et conforme sur le cercle $|t| < 1$ par la transformation $t = Tp$ (on suppose que $Tq = 0$). Pour $k = 1, 2, \ldots,$ posons $\gamma_k = T^{-1}(|t| = e^{-k})$, $V_k = T^{-1}(|t| < e^{-k})$. Soit h_k la fonction harmonique dans $D - \overline{V_k}$, nulle sur Γ et égale à k sur γ_k. La suite des fonctions harmoniques h_k est croissante, et l'on voit aisément qu'elle ne peut tendre vers $+\infty$; sa limite, harmonique dans $D - \{q\}$, nulle sur Γ, possède un pôle logarithmique d'ordre 1 en q et est donc la fonction de Green cherchée.

Soit alors (D_n) une exhaustion de S par des domaines réguliers, tels que $\overline{D_n} \subset D_{n+1}$, et que tout compact de S soit contenu dans les D_n de rang assez grand. Les fonctions de Green des domaines D_n et de pôle q fixe forment une suite croissante, dont la limite est soit $+\infty$, soit une fonction $g(p, q)$ harmonique dans $S - \{q\}$ et ayant un pôle logarithmique d'ordre 1 en q ([2]). Nous supposerons désormais que nous sommes dans ce dernier cas.

2. La fonction de Green $g(p, q)$ est la plus petite fonction > 0 sur S, harmonique sur $S - \{q\}$, qui possède en q une singularité de l'espèce indiquée. De ce fait, la fonction $g'_n(p, q)$ qui est harmonique régulière dans D_n et vaut $g(p, q)$ à la frontière Γ_n de S_n tend vers zéro (en décroissant) pour $n \to \infty$.

Il en résulte que *toute fonction harmonique sur* S *dont le comportement à la frontière* (*c'est-à-dire hors d'un compact*) *est semblable à celui de* $g(p, a)$, a étant un point fixé de S, *est identiquement nulle.* De même, toute fonction u harmonique sur S et vérifiant : $u(p) + Kg(p, a) \geq 0$ au voisinage de la frontière $(0 < K < +\infty)$ est ≥ 0 sur S. Ce dernier résultat est encore vrai pour une fonction u surharmonique sur S.

Ces propriétés sont évidentes pour un domaine plan, car on sait que

---

(1) *Familles de Perron et problème de Dirichlet* (*Acta Szeged*, 9, 1939, p. 119).

(2) Nous suivons ici un raisonnement de M. Heins dans *The conformal mapping of simply-connected Riemann surfaces* (*Annals of Math.*, 50, 1949, p. 686).

l'ensemble des points irréguliers est de capacité nulle. On voit qu'elles sont encore valables sur une surface de Riemann.

Considérons maintenant le domaine $D_{a,\lambda}$ de S défini par l'inégalité

$$g(p, a) > \lambda \qquad (a \in S, 0 < \lambda < +\infty);$$

appelons $C_{a,\lambda}$ la courbe sur laquelle $g(p, a) = \lambda$.

THÉORÈME. — *Si une fonction u harmonique régulière bornée dans* $D_{a,\lambda}$ *vérifie* $C_{a,\lambda}$ *dans* $u \geq 0$, *elle est positive dans* $D_{a,\lambda}$.

En effet, soit (S_n) une exhaustion de S, du genre indiqué plus haut, et soit $g''_n(p)$ la fonction harmonique dans $D_{a,\lambda} \cap S_n$, qui prend les valeurs zéro sur $C_{a,\lambda} \cap \overline{S_n}$ et $g(p, a)$ sur le reste de la frontière. Il existe une constante finie k, telle que $u + kg''_n$ soit ≥ 0 dans $D_{a,\lambda} \cap S_n$; or $0 \leq g''_n \leq g'_n$, donc g''_n tend vers zéro pour $n \to \infty$. En particulier, toute fonction harmonique bornée dans $D_{a,\lambda}$ et constante sur $C_{a,\lambda}$ est constante.

Les mêmes résultats valent pour la mesure harmonique ω de la frontière par rapport à $S - \overline{S_0}$, S_0 étant un domaine relativement compact de S à la frontière Γ_0 régulière. Toute fonction harmonique sur S qui a le comportement de $1 - \omega$ au voisinage de la frontière est identiquement nulle. Toute fonction u harmonique ou surharmonique sur S qui majore $-K(1 - \omega)$ au voisinage de la frontière est ≥ 0 sur S. Si $D_{\Gamma_0,\lambda}$ est le domaine de S où $\omega < \lambda (0 < \lambda < 1)$, et $C_{\Gamma_0,\lambda}$ la courbe où $\omega = \lambda$, toute fonction harmonique bornée dans $D_{\Gamma_0,\lambda}$, positive sur Γ_0 et sur $C_{\Gamma_0,\lambda}$ est positive dans $D_{\Gamma_0,\lambda}$.

D'une façon imagée, on peut dire que les portions de la frontière où g est > 0 (resp. où ω est < 1) sont de mesure harmonique nulle [3].

3. On sait que les surfaces de Riemann qui possèdent une fonction de Green sont celles qui ont une frontière positive. Ce résultat a été démontré dans toute sa généralité par L. Sario, comme application de son procédé alterné [4]. Les propriétés que nous venons d'énoncer permettent de construire directement la fonction de Green de pôle q de S, comme nous l'avons fait au n° 1 pour un domaine relativement compact. Conservant les notations alors adoptées, nous appellerons $\omega^{(k)}$ la mesure harmonique de la frontière pour $S - \overline{V_k}$, et nous poserons $h_k = k(1 - \omega^{(k)})$. La suite de fonctions harmoniques h_k est encore croissante, et sa limite, harmonique sur $S - \{q\}$ est encore la fonction de Green de q.

Pour démontrer que h_k ne tend pas vers $+\infty$, on utilise l'inégalité

$$\int_{\gamma_0} \frac{\partial h_k}{\partial n_i} ds < 2\pi,$$

et le lemme suivant :

---

[3] Ce résultat a été énoncé, dans un cas particulier, par R. NEVANLINNA, *Nachrichten Göttingen*, Band 1, 1934-1940, p. 181.

[4] *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1293 et 230, 1950, p. 42.

Lemme. — *Soit* S_0 *un domaine relativement compact de* S, *limité par une courbe analytique régulière fermée* Γ_0. *Si une fonction u harmonique régulière dans* $S - \overline{S}_0$ *vérifie* $u > 0$ *sur* Γ_0 *et* $|u| < K(1 - \omega)$ *au voisinage de la frontière, on a*

$$\int_\gamma \frac{\partial u}{\partial n_i} ds \geq 0.$$

TOPOLOGIE. — *Mesure et topologie adaptées. Espaces mesurés topologiques.* Note (*) de MM. **Otto Haupt** et **Christian Pauc**, présentée par M. Gaston Julia.

Nous désignons par **R** un espace topologique [au sens de Bourbaki (1)], par μ une mesure numérique finie définie sur une σ-algèbre booléenne $\mathfrak{M}$ de sous-ensembles M de **R** dont **R** est l'unité, par μ^* l'extension complète (2) de μ définie sur $\mathfrak{M}^*$, par $\mathfrak{N}$ et $\mathfrak{N}^*$ les familles des ensembles de mesure nulle pour μ et μ^* respectivement.

A. Adaptation faible. — Nous appelons *axiomes d'adaptation faible* les axiomes suivants liant la structure topologique et la mesure.

I. *Les ensembles ouverts de* **R** *sont* μ *mesurables.*

II. *La famille* $\mathcal{G}$ *des ensembles ouverts de* **R** *est une famille d'approximation supérieure pour* $\mathfrak{M}$, c'est-à-dire : quels que soient M dans $\mathfrak{M}$ et $\varepsilon > 0$, il existe un ensemble ouvert $G \supseteqq M$ tel que $\mu(G - M) < \varepsilon$.

Comme conséquences de I et II nous avons les théorèmes classiques sur l'approximation des ensembles de $\mathfrak{M}^*$ par des ensembles F, F_σ et G_δ (3), les théorèmes de Lusin et de Vitali-Caratheodory (3) sur l'approximation des fonctions mesurables par des fonctions continues et semi-continues.

Définition. — Un ensemble Q de **R** est dit *quarrable* lorsque les mesures de sa fermeture et de son intérieur sont égales (4).

Proposition. — *La famille* $\mathfrak{Q}$ *des ensembles* Q *quarrables est une algèbre booléenne dont* **R** *est l'unité. La restriction de* μ^* *sur* $\mathfrak{Q}$ *est une mesure de Jordan (ou simplement additive)* γ *complète.*

Nous appelons γ *restriction jordanienne* de μ^*.

Proposition. — *Toute mesure finie définie sur les ensembles boréliens d'un espace topologique lui est faiblement adaptée* (5).

(*) Séance du 6 février 1950.

(1) *Actualités scientifiques et industrielles*, 858, 1940, p. 1.

(2) Haupt-Aumann, *Differential-und Integralrechnung*, Band III, Berlin, 1938, p. 21.

(3) S. Saks, *Theory of the Integral*, 1937, p. 69 et p. 72-75.

(4) *Cf.* Définition de la *Stetigkeitsmenge* chez W. Fenchel et B. Jessen, *Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab* (*Mathematisk-fysiske Meddelelser*, 16, 1938, 3, p. 8).

(5) Résulte du lemme, p. 27, Haupt-Pauc, *Archiv der Mathematik*, Heft 1, 1948.

B. ADAPTATION NORMALE. — I et II étant supposées vérifiées, nous introduisons les axiomes suivants dits *axiomes d'adaptation normale.*

III. *L'espace* **R** *est compact* [selon Bourbaki ([6])].

IV. *Il existe une base de* **R** *constituée par des ensembles ouverts quarrables.*

Sous les hypothèses I, II, III l'axiome IV est équivalent à : *Il existe des* $\mathfrak{Q}$*-recouvrements de* **R** *arbitrairement fins,* c'est-à-dire : quel que soit le recouvrement fini $\mathfrak{U}$ de **R** par des ensembles ouverts (index de structure uniforme de A. Weil), il existe un recouvrement fini de **R** par des ensembles quarrables petits d'ordre $\mathfrak{U}$.

Un espace **R** satisfaisant à I, II, III et IV est dit *espace mesuré topologique.*

THÉORÈME 1. — *Si* **R** *est un espace mesuré topologique :* 1° **R** *admet des* $\mathfrak{Q}$*-partitions arbitrairement fines.* 2° μ^* *est le prolongement lebesguien de* γ ([7]). Équivalent à 2° est 3° q *est dense dans* $\mathfrak{M}$ ([8]).

Définition. — Nous désignons par *filtre de Jordan* $\mathfrak{J}$ le filtre des $\mathfrak{Q}$-partitions de **R**. (1) peut s'exprimer par : Toute base de $\mathfrak{J}$ est topologiquement fine.

Soit E un sous-ensemble de **R** dont les mesures jordaniennes supérieure et inférieure sont $\gamma_s(E)$ et $\gamma_i(E)$, $\mathcal{J}$ une partition de $\mathfrak{J}$. Nous désignons par $\gamma_s(E, \mathcal{J})$ la somme des mesures des ensembles de $\mathcal{J}$ rencontrant E, par $\gamma_i(E, \mathcal{J})$ la somme des mesures des ensembles de $\mathcal{J}$ contenus dans E. Il est clair que $\gamma_s(E, \mathcal{J}) \geqq \gamma_s(E)$, $\gamma_i(E, \mathcal{J}) \leqq \gamma_i(E)$.

THÉORÈME 2. — *Quel que soit* $\varepsilon > 0$, *il existe* $\mathfrak{U}$ *tel que* $\gamma_s(E, \mathcal{J}) - \gamma_s(E) < \varepsilon$ *et* $\gamma_i(E) - \gamma_i(E, \mathcal{J}) < \varepsilon$ *dès que* $\mathcal{J}$ *est fine d'ordre* $\mathfrak{U}$ (*convergence uniforme vis-à-vis de l'index de finesse*).

THÉORÈME 3. — *Le produit de deux espaces mesurés topologiques* **R** *et* **R'** *est un espace mesuré topologique pourvu que la mesure produit soit définie comme complète* ([9]).

Exemples d'espaces mesurés topologiques. — 1. **R** est une variété compacte (exemple : boule fermée ou sphère euclidienne), μ une mesure finie définie sur les ensembles boréliens de **R** (mesure de Radon).

2. *M* désigne une algèbre de mesure d'unité *R*, *B* une algèbre booléenne dense dans *M*, **R** l'ensemble correspondant à *R* dans la représentation de H. Cartan ([10]). Par transfert sur **R** d'une mesure quelconque finie définie sur *M*, **R** munie de la topologie naturelle ([10]) de la représentation est un espace mesuré topologique.

([6]) *Loc. cit.*, p. 59. La condition de séparation peut être remplacée par une condition plus faible.

([7]) *Cf.* PAUC, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 710.

([8]) La distance de deux ensembles M_1^* et M_2^* de $\mathfrak{M}^*$ étant $\mu(M_1^* - M_2^* M_1) + \mu(M_2^* - M_1^* M_2^*)$.

([9]) SAKS, *loc. cit.*, p. 86-87.

([10]) *Cf.* PAUC, *Archiv de Mathematik*, Heft 1, 1948, p. 30-33.

ÉLASTICITÉ. — *Sur quelques propriétés d'une équation du type elliptique, rencontrée en élasticité.* Note (*) de M. **Pierre Brousse**, présentée par M. Joseph Pérès.

I. Soient $A(d, 1)$, $B(-d, 1)$, $[d>0]$, deux points du plan xOy, et ASB un arc continu, situé dans les deux bandes

$$-d \leqq x \leqq d, \qquad 0 < y \leqq 1,$$

et dont le point S d'ordonnée minimum, $1-p$, est sur Oy. Désignons par Σ, la ligne formée par les deux demi-droites : $(x \geqq d,\ y=1)$, $(x \leqq -d,\ y=1)$ et par l'arc ASB. Σ et la droite Ox limitent un domaine infini D.

Un problème P, rencontré en élasticité, consiste à déterminer dans D une fonction $u(x, y)$, régulière, bornée à l'infini, solution de l'équation

$$(1) \qquad \Delta u = \frac{3}{y}\frac{\partial u}{\partial y}, \qquad (\Delta, \text{ laplacien})$$

et prenant sur $(\Sigma + Ox)$ des valeurs données.

Les méthodes classiques ne s'appliquent pas parce que y est nul sur Ox, et que le domaine D est infini.

Par les changements

$$u = y^{\frac{3}{2}} f(x, y), \qquad u = y^4 s(x, y),$$

l'équation (1) se transforme respectivement en

$$(2) \qquad \Delta f = \frac{15}{4y^2} f,$$

$$(3) \qquad \Delta s = -\frac{5}{y}\frac{\partial s}{\partial y}.$$

II. L'application de la formule de Green à $y^{5/2}$ et à une fonction régulière dans D, conduit au résultat suivant : Pour que les fonctions $f(x, y)$, $u(x, y)$, $s(x, y)$, régulières dans D, soient, dans ce domaine, solutions respectivement de (2), (1), (3), il faut et il suffit que l'on ait

$$\int_\Omega y^{\frac{3}{2}}\left(y\frac{df}{dn} - \frac{5}{2}f\frac{dy}{dn}\right)d\sigma = 0,$$

$$\int_\Omega \left(y\frac{du}{dn} - 4u\frac{dy}{dn}\right)d\sigma = 0, \qquad \int_\Omega y^5 \frac{ds}{dn}\,d\sigma = 0,$$

(d/dn, dérivée normale), quel que soit le contour fermé Ω de D. On trouve des

(*) Séance du 23 janvier 1950.

relations analogues en remplaçant $y^{5/2}$ par $y^{-3/2}$. Ces identités généralisent la propriété connue des fonctions harmoniques.

III. En utilisant la fonction

$$u(x, y) \pm \varepsilon \operatorname{ch} x \varphi(y) \qquad (\varepsilon, \text{const.} > 0),$$

et en choisissant convenablement la fonction $\varphi(y)$, on montre que toute solution régulière de (1) dans D, s'annulant sur $(Ox + \Sigma)$, bornée à l'infini, est nulle en tout point de D. On en déduit que le problème P a, au plus, une solution.

IV. Soit à déterminer $f(x, y)$, régulière dans D, bornée à l'infini, solution de (2), s'annulant sur Ox, et prenant sur Σ la valeur $y^{-3/2}$. (Problème P'.)

Posons $f = y^{\frac{5}{2}} + F(x, y)$, et considérons un domaine Δ limité dans D par Σ, une parallèle à Ox entièrement contenue dans D, et deux parallèles à Oy de part et d'autre de l'arc ASB. L'équation (2) a, dans Δ, une solution régulière $F_\Delta(x, y)$, s'annulant sur le pourtour entier, sauf sur l'arc ASB où elle prend la valeur imposée, $(1 - y^4).y^{-\frac{3}{2}} = \Phi(y)$. On montre que F_Δ est positive ou nulle, et qu'elle est inférieure ou égale aux fonctions suivantes :

$$(4) \qquad h_1 y^{\frac{5}{2}}, \qquad h_2 y^{\frac{5}{2}} e^{-|x|}, \qquad h_3(1 - y), \qquad h_4(1 - y)e^{-|x|}, \qquad H(x, y),$$

h_1, h_2, h_3, h_4 étant des constantes positives, et $H(x, y)$ la fonction harmonique et bornée dans D, régulière à l'infini, s'annulant sur Ox et prenant sur Σ la valeur $\Phi(y)$.

On démontre que, lorsque Δ tend vers D, F_Δ tend uniformément vers une intégrale régulière, $F(x, y)$, de (2) et que la somme $F + y^{\frac{5}{2}}$ résout le problème P'. La fonction F est elle-même positive ou nulle, et inférieure ou égale aux fonctions (4).

Application numérique : si on a $d \leqq 1/8$, $p \leqq 1/8$, on trouve $h_1 \geqq 6,50p$, $h_2 \geqq 8,05p$, $h_3 \geqq 4,05$, $h_4 \geqq 4,60$.

V. La fonction $u = y^{\frac{3}{2}} F + y^4$ est alors une solution du problème P_1, cas particulier de P où u prend les valeurs 0 sur Ox et 1 sur Σ. C'est même l'unique solution d'après le paragraphe III. Cette fonction u vérifie, en particulier

$$0 \leqq u - y^4 \leqq h_2 e^{-|x|} y^4.$$

On en déduit, qu'à l'infini, $u - y^4$ tend vers 0, comme $e^{-|x|}$. D'autre part, h_2 tend vers 0 lorsque p tend vers 0. Donc, en tout point de D, u tend vers y^4, solution du même problème pour la bande inaltérée : $0 \leqq y \leqq 1$, lorsque D tend vers cette bande. Enfin u s'annule sur l'axe comme y^4.

ÉLASTICITÉ. — *Distinction entre la limite d'élasticité apparente et la limite de réversibilité magnétique de l'acier en tractions.* Note (*) de MM. **André Langevin**, **Emmanuel Paul** et **Marcel Reimbert**, présentée par M. Aimé Cotton.

Sur un acier soumis à des tractions statiques croissantes, des mesures simultanées mécaniques et magnétiques, révèlent un domaine intermédiaire, caractérisé par des allongements résiduels de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-4} en valeur relative. Ce domaine est situé entre la limite des réversibilités magnétique et mécanique, et la limite d'élasticité apparente.

Le phénomène inverse de la magnétostriction est une variation de la perméabilité sous l'action d'une contrainte mécanique.

Les variations de l'inductance d'un solénoïde, bobiné autour du barreau, peuvent exprimer les variations de la perméabilité, jusqu'à l'apparition des modifications appréciables de la section (*fig.* 1).

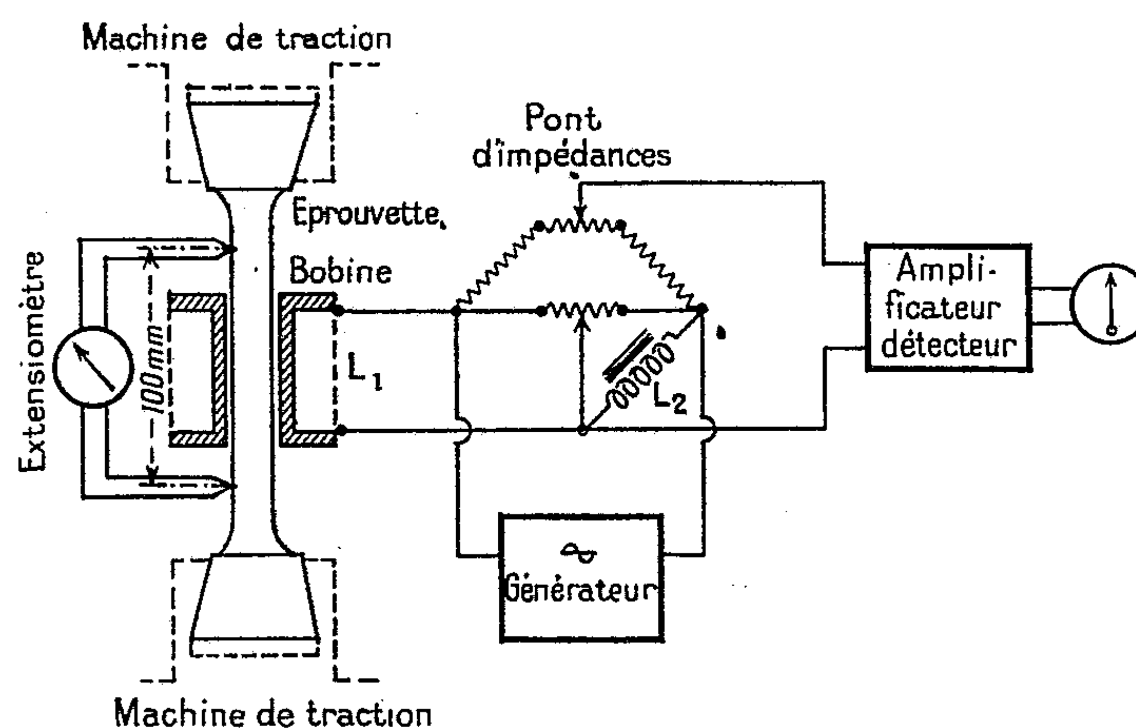


Fig. 1. — Schéma.

La courbe de l'inductance en fonction de l'effort de traction présente, en principe, l'allure suivante : la courbe, représentée en haut de la figure 2, a pour origine un point O, correspondant à un effort nul et à la perméabilité initiale, puis elle présente un segment OA, de pente P, qui est souvent linéaire, ensuite un palier AM, généralement horizontal jusqu'au point paraissant anguleux M. La limite M représente la limite de réversibilité des phénomènes magnétiques. A partir de M, une chute brutale aboutit ensuite progressivement à un palier secondaire plus ou moins net, qui se termine par un nouveau point, la limite E. Cet accident magnétique E coïncide normalement avec un angle de la courbe des allongements.

(*) Séance du 6 février 1950.

En 1903 Fraichet (¹) a effectué des mesures en se servant d'un galvanomètre dont les déviations révélaient les variations d'un flux initial, de prémagnétisation, variations consécutives à l'application des contraintes. Il a appelé *limite d'élasticité vraie* un accident de ses courbes qui semble correspondre à notre limite M.

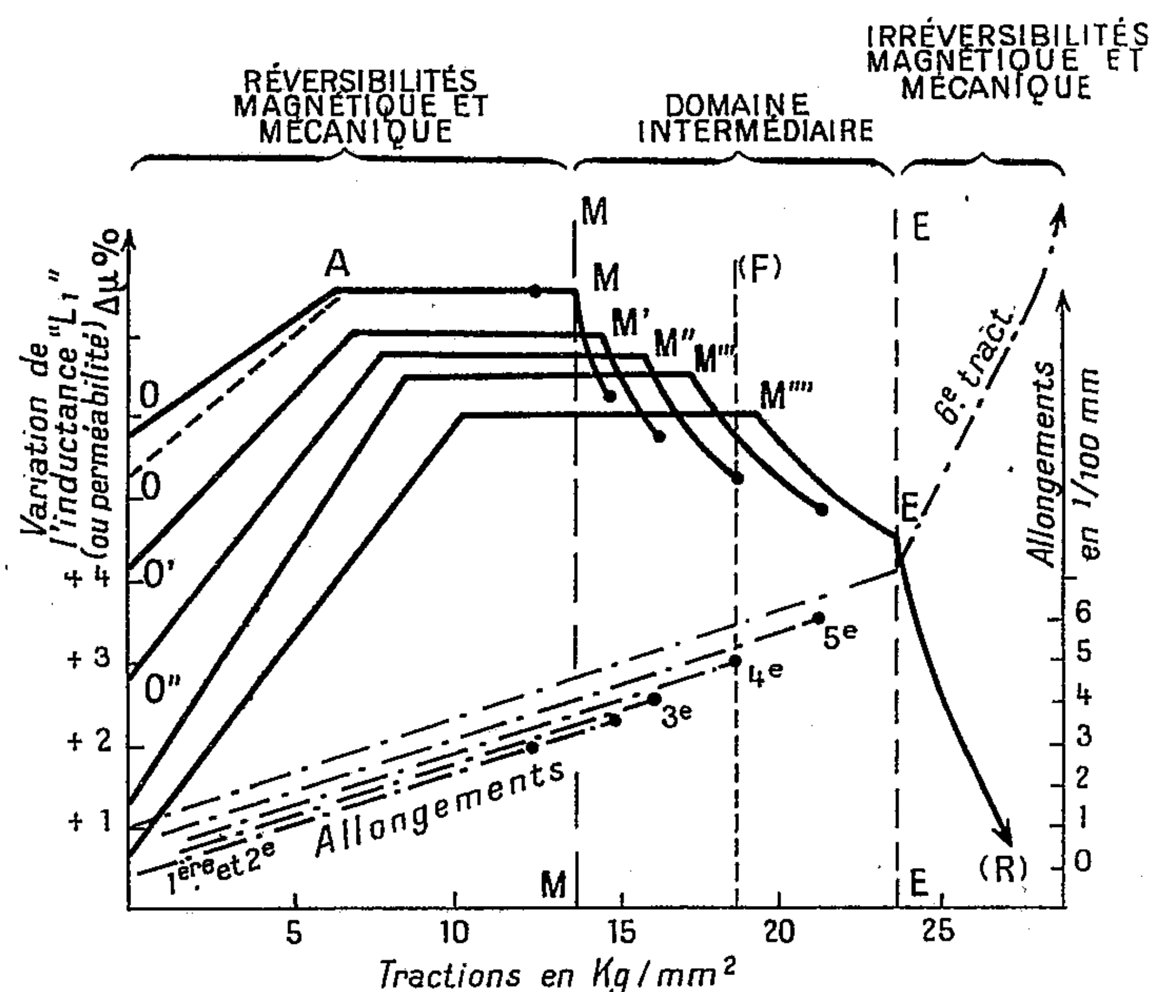


Fig. 2. — Courbes de principe.

Indépendamment de ces travaux, nous avons entrepris une étude analogue dont les conclusions sont les suivantes :

1° *La limite d'élasticité apparente*, utilisée habituellement en résistance des matériaux, correspond à l'abscisse de la limite E sur la courbe magnétique. Le dépassement de la limite E provoque les déformations ordinaires, d'ordre macroscopique. Il s'agit donc de la *limite d'écoulement* conventionnelle.

2° La limite M de réversibilité magnétique correspond probablement à une *limite physique d'élasticité*. Le dépassement de cette dernière entraînerait déjà des déformations permanentes, mais d'un ordre microscopique. Pour le moment, nous n'insisterons pas sur la nature de ces dernières. Néanmoins, du point de vue de la mécanique ordinaire, la réversibilité élastique apparente semble se prolonger au delà de cette limite.

En effet, entre les limites M et E, des allongements permanents se produisent, mais ils sont justes à la limite de la sensibilité de l'extensomètre micrométrique Mercier-Lepetit, pour une base de 100mm. Cependant, ils peuvent être mis en évidence en traçant un réseau de courbes d'allongements avec des

(¹) L. Fraichet, *L'Éclairage électrique*, 36, 1903, p. 385.

efforts successifs dont l'amplitude maximum croît entre les abscisses des deux limites M et E. Les courbes d'allongements sont sensiblement parallèles et progressivement décalées vers des allongements résiduels décroissants.

Il semble y avoir un domaine intermédiaire, nettement délimité entre l'élasticité physique, supposée rigoureuse, et l'élasticité pratique, ou écoulement macroscopique du métal. Ce domaine intermédiaire, concernant des allongements résiduels de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-4} en valeur relative, est positivement délimité par des points paraissant anguleux sur les courbes magnétiques et mécaniques.

GÉODÉSIE. — *Sur le calcul des grands triangles géodésiques.* Note de M. **Jean-Jacques Levallois**, présentée par M. Georges Poivilliers.

Il est possible de substituer à tout triangle de l'ellipsoïde peu aplati, un triangle sphérique dont les éléments se déduisent par approximations successives très convergentes de ceux du triangle ellipsoïdique. Dans le cas de l'ellipsoïde terrestre, on peut appliquer les formules indiquées sur des triangles de 2000 kilomètres de côté en conservant la précision du 1/100 de seconde centésimale sur les côtés.

Quand les triangles géodésiques dépassent une certaine amplitude, on doit renoncer à appliquer le théorème de Legendre; on a recours aux équations rigoureuses de la ligne géodésique exprimées en fonction de la latitude réduite φ. On obtient ainsi deux intégrales elliptiques donnant la longueur d'arc S et la différence de longitude ΔM.

Si l'on désigne par Z_E l'azimut équatorial d'une géodésique et si l'on pose

$$\text{(équation de Clairaut)}\quad \cos\varphi \sin Z = \sin Z_E, \qquad \cos Z_E \sin\omega = \sin\varphi,$$

$$u^2 = e'^2 \cos^2 Z_E,$$

on obtient (Legendre et Bessel)

$$S = b\int_{\omega_1}^{\omega_2} (1 + u^2 \sin^2\omega)^{\frac{1}{2}}\, d\omega, \qquad \Delta M = \sin Z_E (1 - e^2)^{\frac{1}{2}} \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{(1 + u^2 \sin^2\omega)^{\frac{1}{2}}\, d\omega}{1 - \cos^2 Z_E \sin^2\omega}.$$

L'interprétation géométrique de ces expressions montre que l'on peut faire correspondre à tout triangle ellipsoïdique ayant un sommet au pôle, un triangle sphérique ayant pour côtés : $\omega_2 - \omega_1$, $\pi/2 - \varphi_1$, $\pi/2 - \varphi_2$; pour angles Z_1, Z_2 azimuts ellipsoïdiques vrais et la différence de longitude $\Delta M + \varepsilon$, ε étant pour l'ellipsoïde terrestre, une quantité très petite fonction de ω_2, ω_1, Z_E, et de l'aplatissement.

La généralisation de ce résultat montre que, sur l'ellipsoïde terrestre, il est possible de calculer un triangle quelconque par des formules du type suivant :

où $Z_E(a)$ est l'azimut équatorial de la géodésique a :

$$\cos[a \pm \Delta\varepsilon \sin Z_E(a)] = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A.$$

$$\frac{\sin\left[A \mp \dfrac{\Delta\varepsilon \sin Z_E(a)}{\sin b \sin C}\right]}{\sin a} = \frac{\sin\left[B \mp \dfrac{\Delta\varepsilon \sin Z_E(b)}{\sin c \sin A}\right]}{\sin b} = \frac{\sin\left[C \mp \dfrac{\Delta\varepsilon \sin Z_E(c)}{\sin a \sin B}\right]}{\sin c},$$

avec la précision du 1/100 de seconde centésimale, pour des côtés atteignant 2000 kilomètres.

Dans ces formules, a, b, c désignent les amplitudes sphériques $(\omega_A - \omega_B)$ de chaque côté, A, B, C les angles sphéroïdiques du triangle, $\Delta\varepsilon$ la quantité $[\varepsilon_{AB} + \varepsilon_{BC} + \varepsilon_{CA}]$, c'est-à-dire la discordance de fermeture en longitude de l'image sphérique du triangle géodésique proposé.

Les formules du type ci-dessus se calculent par approximations successives. Lorsque les côtés des triangles atteignent 4 à 5000 kilomètres, les formules ci-dessus assurent la précision de quelques dixièmes de seconde centésimale sur les côtés. On les utilisera comme première approximation. Le calcul définitif s'effectuera de manière rigoureuse sur des triangles ayant un sommet au pôle.

ASTROPHYSIQUE. — *L'absorption par les raies dans les spectres stellaires.* Note de M. **Nevil Milford**, présentée par M. André Danjon.

Pour trouver l'énergie émise dans le spectre continu d'une étoile, il faut corriger sa magnitude de la lumière absorbée dans les raies d'absorption. Les corrections nécessaires pour la magnitude photovisuelle (international) sont tabulées dans cette Note.

Dans un mémoire déjà ancien, Shajn ([1]) a mesuré le rapport de l'absorption totale dans les raies à l'absorption continue, pour des intervalles de 25 Å et 50 Å, dans plusieurs spectres stellaires.

La récente publication du *Photometric Atlas* de Hiltner et Williams ([2]) permet des mesures plus exactes.

Sur les enregistrements en intensité de cet Atlas, nous avons mesuré la surface des raies dans un certain intervalle spectral au moyen d'un planimètre Ott; ensuite nous avons rapporté cette surface à celle du spectre continu dans le même intervalle. Puisque les raies sont plus abondantes dans la région violette, les spectres de l'Atlas ont été divisés comme suit : des intervalles de 25 Å de λ 3900 à λ 4600, et de 50 Å de λ 4600 à λ 6700.

Dans le tableau I nous donnons un sommaire de ces résultats, pour des intervalles de 100 Å centrés sur les longueurs d'onde indiquées dans le tableau.

([1]) *M. N.*, 94, 1934, p. 642.
([2]) *Photometric Atlas of Stellar Spectra* (Ann Arbor, 1946).

TABLEAU I.

λ.	β Ori. B8 I *a*.	α Lyr. A0 V.	α C. Ma. A1 V.	α Cyg. A2 I *a*.	α C. Mi. F5 IV.	α Per. F5 I *b*.	α Boo. K2 pec.
4000...	0,03	0,16	0,19	–	–	–	–
4100...	03	18	18	0,07	0,25	0,32	0,59
4200...	00	01	03	03	19	32	61
4300...	02	17	06	09	26	37	56
4400...	00	05	05	05	22	28	52
4500...	01	01	03	07	14	22	38
4600...	00	01	03	07	10	17	30
4700...	00	00	00	01	07	10	25
4800...	00	03	04	01	07	09	21
4900...	02	15	16	05	16	20	24
5000...	01	00	02	02	10	18	27
5100...	00	00	00	01	09	15	30
5200...	00	01	02	05	12	19	34
5300...	00	00	01	04	09	19	25
5400...	00	00	01	02	07	12	19
5500...	00	00	00	01	05	09	16
5600...	00	00	00	00	04	08	12
5700...	00	00	00	00	04	07	10
5800...	00	00	00	00	02	03	09
5900...	01	–	00	01	01	03	10
6000...	–	–	00	01	02	04	07
6100...	–	–	00	01	03	05	08
6200...	–	–	00	01	–	05	13
6300...	–	–	–	02	–	07	12
6400...	–	–	–	01	–	05	06
6500...	–	–	–	01	–	06	08
6600...	–	–	–	–	–	06	09

Soit alors J_λ la distribution d'énergie dans le spectre continu, l_λ l'absorption totale des raies dans un intervalle, t_λ la transmission de l'atmosphère au-dessus de Mont-Wilson, r_λ le pouvoir réflecteur de l'argent, et s_λ la sensibilité combinée d'une plaque Cramer Instantaneous Isos et d'un filtre jaune. Dans ces conditions la magnitude photovisuelle internationale est

$$Mpv = -2.5 \log_{10} \Sigma r_\lambda^2 s_\lambda t_\lambda (1 - l_\lambda) J_\lambda + \text{const.}$$

et la correction que l'on doit apporter à cette valeur pour tenir compte de l'absorption dans les raies est

$$\Delta Mpv = -2.5 \log \frac{\Sigma r_\lambda^2 s_\lambda t_\lambda J_\lambda}{\Sigma r_\lambda^2 s_\lambda t_\lambda (1 - l_\lambda) J_\lambda}.$$

La valeur de $r_\lambda^2 s_\lambda t_\lambda$ est donnée par Seares et Joyner (3) et nous utiliserons

(3) *Ap. J.*, 98, 1943, p. 302.

pour J_λ la distribution spectrale d'un corps noir. A partir du tableau I nous pouvons alors calculer les corrections $\Delta M pv$ données dans le tableau II.

TABLEAU II. — $\Delta M pv$.

Étoile.	Type spectral.	Cette note (m).	Shajn. (m).
β Ori	B8I*a*	— 0,00	–
α Lyr	A0V	— $0,00_3$	— $0,00_7$
α CMa	A1V	— 0,01	–
α Cyg	A2I*a*	— 0,02	–
α CMi	F5IV	— $0,07_5$	— 0,05
α Per	F5I*b*	— 0,14	–
Soleil	G2V	— 0,08	— 0,10
α Boo	K2pec	— $0,22_5$	— $0,13_5$

Les résultats pour le Soleil sont dérivés des mesures de Wempe ([4]). Les données de Shajn pour la magnitude visuelle sont incluses dans le tableau II à titre de comparaison, mais cet auteur a employé des températures de couleur différentes des nôtres.

On doit remarquer que la correction qu'il faut apporter aux magnitudes photovisuelles est plus grande pour les supergéantes que pour les étoiles de la série principale.

Ces résultats seront publiés ultérieurement de façon plus détaillée.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les propriétés absorbantes des atmosphères stellaires.* Note de M. **Daniel Chalonge** et Mlle **Lucienne Divan**, présentée par M. André Danjon.

Si l'on représente la brillance monochromatique moyenne d'un disque stellaire [que l'on désigne généralement par la notation $F_\lambda(0)$] par $B_\lambda(T_b)$, où B_λ désigne la fonction de Planck, T_b sera la température de brillance moyenne du disque pour la radiation λ. Supposons que T_b ait pu être déterminée pour une longueur d'onde λ_0 située dans un domaine spectral pour lequel le spectre continu stellaire (que nous considérons seul dans le présent travail) a une température de couleur T_c. Si nous posons $p = B_{\lambda_0}(T_b)/B_{\lambda_0}(T_c)$, la brillance de l'étoile sera représentée dans tout le domaine considéré par $B_\lambda(T_b) = p\,B_\lambda(T_c)$. Les résultats énoncés récemment par R. Canavaggia, D. Chalonge et V. Kourganoff ([1]) prennent alors la forme suivante : suivant que le coefficient d'absorption continue K_λ de la matière stellaire est fonction croissante ou décroissante de λ, p est inférieur ou supérieur à l'unité; si K_λ est

---

([4]) *Astr. Nach.*, 97, 1947, p. 275.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 108.

stationnaire, $p = 1$. Il faut ajouter que p tend également vers 1 si K_λ croît et devient suffisamment grand : en effet, dans ce cas, le rayonnement émane de couches de plus en plus extérieures et T_b et T_c tendent toutes deux vers la température superficielle T_0.

Nous avons déterminé le facteur p pour les premiers types spectraux par la méthode suivante (simultanément utilisée par Milford pour des recherches analogues non encore publiées). Soient $M^\star_{pv}$, $M^\star$, $R^\star$, $B_{\lambda_0}(T^\star_b)$, $T^\star_e$ respectivement les magnitudes absolues photovisuelle et bolométrique relatives au spectre continu de l'étoile (longueur d'onde effective $\lambda_0 = 5420$ Å), son rayon, sa brillance monochromatique pour λ_0 et sa température effective, et désignons les quantités correspondantes relatives au Soleil par des symboles ne différant des précédents que par le remplacement du signe $\star$ par le signe $\odot$. La définition même des magnitudes s'exprime par les égalités

$$-0,4(M^\star_{pv} - M^\odot_{pv}) = \log\left(\frac{R^\star}{R^\odot}\right)^2 \frac{B_{\lambda_0}(T^\star_b)}{B_{\lambda_0}(T^\odot_b)},$$

$$-0,4(M^\star - M^\odot) = \log\left(\frac{R^\star}{R^\odot}\right)^2 \left(\frac{T^\star_e}{T^\odot_e}\right)^4.$$

En retranchant membre à membre et en écrivant que $M^\star - M^\star_{pv}$ et $M^\odot - M^\odot_{pv}$ représentent respectivement les corrections bolométriques $\beta^\star$ et $\beta^\odot$, il vient

$$-0,4(\beta^\star - \beta^\odot) = 4\log\left(\frac{T^\star_e}{T^\odot_e}\right) - \log\frac{B_{\lambda_0}(T^\star_b)}{B_{\lambda_0}(T^\odot_b)}.$$

Groupons tous les termes relatifs à l'étoile et désignons par A la somme des autres termes, concernant le Soleil. Remplaçons d'autre part $B_{\lambda_0}(T_b)$ par $pB_{\lambda_0}(T_c)$. Il vient

$$\log p = A + 0,4\beta^\star + 4\log T^\star_e - \log B_{\lambda_0}(T^\star_c).$$

Les valeurs de A, $\beta^\star$, $T^\star_e$, $T^\star_c$ sont tirées des travaux de Kuiper et les données spectrophotométriques courantes. On peut ainsi déterminer les valeurs p_1 de p correspondant au domaine visible, pour les principaux types spectraux.

Il reste à calculer les valeurs p_2 de p au-dessous de 3700 Å. Pour cela, il suffit d'exprimer qu'en passant du premier domaine ($\lambda > 3700$ Å) au second ($\lambda < 3700$ Å), $\log B_\lambda(T^\star_b)$ subit une discontinuité

$$D = \log\frac{p_1 B_{3700}(T_1)}{p_2 B_{3700}(T_2)},$$

T_1 et T_2 étant les valeurs de $T^\star_c$ relatives aux deux régions. La valeur de p_2 se déduit de cette dernière expression.

Le tableau suivant fournit les valeurs de p_1 et p_2 obtenues, en même temps que les valeurs adoptées pour T_1 et T_2.

Type.	T_1.	T_2.	p_1.	p_2.
O 9	32800	24500	0,69	1,12
B 0	28800	23000	0,56	0,78
B 2	28800	22000	0,35	0,50
B 8	19600	13000	0,28	0,36
A 0	16500	11000	0,30	0,34
A 2	14300	9700	0,32	0,42
A 5	13100	8350	0,38	0,55
Soleil	6600	5350	0,63	2,00

Les quantités p_1 et p_2 passent par un minimum vers les types B 8-A 0. Le fait qu'elles augmentent vers les types moins avancés tout en restant inférieures à 1 (la valeur 1,12 trouvée pour O 9 est très incertaine) traduirait un accroissement de l'opacité des atmosphères stellaires dû sans doute à la diffusion par les électrons. L'intervention croissante de H^- lorsque l'on va du type A 0 au type solaire pourrait expliquer l'augmentation de p_1, mais dans l'ultraviolet les phénomènes se compliquent par l'apparition d'un absorbant nouveau qui se manifeste nettement dans le Soleil et dont le coefficient d'absorption est fonction décroissante de λ ($p_2 = 2,00$).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *L'algèbre extérieure et la seconde quantification.* Note de M. **Jean-G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le double aspect du formalisme quantique représenté par la méthode de l'espace de configuration et par la seconde quantification se présente sous une forme particulièrement simple en caractérisant l'état d'un système de particules obéissant au principe d'exclusion, qui correspond à un élément de l'espace $\wedge R$ des tenseurs antisymétriques de l'espace R des états d'une seule particule, par les quantités de l'algèbre extérieure de Grassmann [1]. Cette représentation des états fait apparaître le vrai rôle des opérateurs de création et d'annihilation de la seconde quantification et fournit également une méthode de calcul relative aux états du système.

En écrivant un élément de l'espace R, avec les éléments de base a_r sous la forme $c = \sum_r c^r a_r$, le produit extérieur $e_i e_k = -e_k e_i$ de deux éléments est défini par la règle de multiplication antisymétrique $a_{r_1} a_{r_2} + a_{r_2} a_{r_1} = 0$, $a_r^2 = 0$. Les produits $a_{r_1} a_{r_2}$, $r_1 < r_2$ engendrent l'espace $\overset{2}{\wedge} R$ des tenseurs antisymétriques

(1) *Ausdehnungslehre*, 1862, Berlin; N. Bourbaki, *Algèbre multilinéaire*, 1948, Paris.

deux fois contravariants de R, les produits $a_{r_1}a_{r_2}\ldots a_{r_f}$, $r_1 < r_2 < \ldots < r_f$ de f facteurs l'espace $\overset{f}{\wedge} R$ des tenseurs f fois contravariants. L'état d'un système d'un nombre indéterminé de particules est caractérisé par un élément normé de l'espace $\wedge R$

$$(1) \qquad c = \sum_{f=0}^{\infty} \sum_{r_1 < \ldots < r_f} c^{[r_1 \ldots r_f]} a_{r_1} \ldots a_{r_f}, \qquad \sum_{f=0}^{\infty} \sum_{r_1 < \ldots < r_f} |c^{[r_1 \ldots r_f]}|^2 = 1.$$

En introduisant les éléments de base a_r^* de l'espace dual R^* et en définissant la multiplication extérieure de ces éléments de base, les produits correspondants des a_r^* engendrent l'espace $\wedge R^*$ des tenseurs antisymétriques covariants de R.

En employant les mêmes symboles pour les éléments de l'espace $\wedge R$ et pour des opérateurs de cet espace, que nous séparons par un trait |, l'opérateur de création a_r de la seconde quantification peut être introduit comme une multiplication extérieure par l'élément a_r, qui augmente le degré d'un tenseur d'une unité, l'opérateur d'annihilation a_s^* comme une espèce de division sans reste ([2]), qui diminue le degré d'une unité.

$$(2) \qquad \left\{ \begin{array}{l} a_r \mid a_{r_1} \ldots a_{r_f} = a_r a_{r_1} \ldots a_{r_f} \qquad (= 0, \text{ si } r = r_k); \\ a_s^* \mid a_{r_1} \ldots a_{r_f} = \left\{ \begin{array}{ll} (-1)^{k-1} a_{r_1} \ldots a_{r_{k-1}} \ldots a_{r_{k+1}} a_{r_f} & \text{si } s = r_k, \\ 0 & \text{si } s \neq r_k. \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Tout opérateur linéaire de l'espace $\wedge R$ peut être exprimé à l'aide des opérateurs a_r, a_s^* et des nombres complexes, et l'on peut établir des règles de calcul simples. On retrouve également les règles d'anticommutation des opérateurs (2), $a_r a_s + a_s a_r = 0$, $a_r^* a_s^* + a_s^* a_r^* = 0$, $a_r a_s^* + a_s^* a_r = \delta_{rs}$.

L'introduction de la notation $c^{[r_1 \ldots r_f]}$ des coefficients d'un élément de $\wedge R$ au lieu de la notation extrêmement incommode

$$c^{[r_1 \ldots r_f]} = g(n_1, \ldots, n_r, \ldots), \qquad n_r = \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 0 \end{array} \right. \quad \text{pour} \quad r \left\{ \begin{array}{l} = \\ \neq \end{array} \right. r_1, \ldots, r_f$$

employée dans les travaux sur la seconde quantification, permet d'écrire des équations entre ces coefficients. Dans l'espace des fonctions d'onde antisymétriques des variables de f particules, $c^{[r_1 \ldots r_f]}$ représente le coefficient de développement d'une fonction d'onde selon les déterminants de Slater correspondants.

Tandis que dans les démonstrations habituelles ([3]), la vérification de

---

([2]) Je dois à M. Marcel Riesz la remarque qu'il est suggestif du point de vue algébrique de considérer l'opération $a_s^* \mid$ comme une espèce de division sans reste. Cette opération correspond à la multiplication intérieure de Grassmann et de Bourbaki par l'élément dual a_s^*.

([3]) P. Jordan et E. Wigner, *Z. f. Phy.*, 47, 1928, p. 631; V. Fock, *Z. f. Phys.*, 75, 1932, p. 622.

l'équivalence des opérateurs de la méthode de l'espace de configuration et de la seconde quantification

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} & W = \sum_{k=1} \mathrm{W}_k = \sum_{k=1} \mathrm{W}(x^{(k)}); \qquad \mathbf{W} = \sum_{rs} (r \mid \mathrm{W} \mid s)\, a_r a_s^{\star}; \\ & (r \mid \mathrm{W} \mid s) = \int \varphi_r^{\star}(x)\, \mathrm{W}(x)\, \varphi_s(x)\, dx; \end{aligned}\right.$$

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} & V = \sum_{i>k=1}^{f} \mathrm{V}_{ik} = \sum_{i>k=1}^{f} \mathrm{V}(x^{(i)}, x^{(k)}); \qquad \mathbf{V} = \frac{1}{2} \sum_{\substack{rr' \\ ss'}} (rr' \mid \mathrm{V} \mid ss')\, a_r a_{r'} a_{s'}^{\star} a_s^{\star}; \\ & (rr' \mid \mathrm{V} \mid ss') = \iint \varphi_r^{\star}(x)\, \varphi_{r'}^{\star}(x')\, \mathrm{V}(x, x')\, \varphi_s(x)\, \varphi_{s'}(x')\, dx\, dx'; \end{aligned}\right.$$

demande un examen assez laborieux des changements de signe à l'aide des fonctions de signe de Wigner, cette équivalence dans le sous-espace $\overset{f}{\wedge} \mathrm{R}$ de $\wedge \mathrm{R}$ devient presque évidente, en comparant les produits scalaires

$$(5)\quad \left\{\begin{aligned} & \langle a_{r_f}^{\star} \ldots a_{r_{k+1}}^{\star} a_r^{\star} a_{r_{k-1}}^{\star} \ldots a_{r_1}^{\star} \mid \mathbf{W} \mid a_{r_1} \ldots a_{r_{k-1}} a_{r_k} a_{r_{k+1}} \ldots a_{r_f} \rangle = (r \mid \mathrm{W} \mid r_k). \\ & \langle a_{r_f}^{\star} \ldots a_{r_{k'+1}}^{\star} a_{r'}^{\star} a_{r_{k'-1}}^{\star} \ldots a_{r_{k+1}}^{\star} a_r^{\star} a_{r_{k-1}}^{\star} \ldots a_{r_1}^{\star} \mid \mathbf{V} \mid a_{r_1} \ldots a_{r_{k-1}} a_{r_k} a_{r_{k+1}} \ldots a_{r_{k'-1}} a_{r_{k'}} a_{r_{k'+1}} \ldots a_{r_f} \rangle \\ & \qquad = (rr' \mid \mathrm{V} \mid r_k r_{k'}) - (rr' \mid \mathrm{V} \mid r_{k'} r_k), \end{aligned}\right.$$

avec les produits scalaires formés à l'aide des déterminants de Slater dans l'espace des fonctions antisymétriques des variables de f particules, qui diffèrent des éléments de matrice correspondants par la même puissance de -1.

R_+ et R_- étant les sous-espaces de R correspondant à la partie positive et négative du spectre de l'opérateur d'énergie d'un électron de Dirac libre, l'état d'un système de particules de la théorie du positron est caractérisé ([4]) par un élément normé de l'espace $\wedge(\mathrm{R}_+ + \mathrm{R}_-^{\star})$ des tenseurs antisymétriques de l'espace $\mathrm{R}_+ + \mathrm{R}_-^{\star}$. En représentant ces états par l'algèbre extérieure on peut introduire les opérateurs correspondants d'une façon analogue.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Diffusion de neutrons de* 90 MeV *par des particules alpha. Calculs.* Note (*) de M. **Jean Heidmann**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Dans cette Note nous donnons un bref résumé de calculs faits à propos de la diffusion de neutrons de 90 MeV par des particules alpha, qui peuvent être utiles pour l'étude de l'action de tels neutrons sur les noyaux légers par l'intermédiaire du modèle *particule alpha* de Wheeler ([1]).

([4]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1205.

(*) Séance du 1er août 1949.

([1]) *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 1083-1107.

Utilisant l'approximation de Born et le potentiel nucléon-nucléon introduit par R. Serber pour interpréter la diffusion neutron-proton à 90 MeV, nous avons traité l'interaction entre le neutron incident et chacun des 4 nucléons de l'hélion comme une perturbation; nous avons ainsi calculé les transitions les plus probables : 1. la diffusion élastique; 2. la diffusion avec arrachement d'un proton de l'hélion; 3. la diffusion avec création de deuton. Prenant des fonctions de Gauss pour la partie radiale du potentiel et pour les fonctions d'onde des He^4, H^3, H^2 intervenant dans le calcul, nous trouvons, dans le système laboratoire :

a. pour la diffusion élastique : 0,3 % des neutrons sont diffusés vers l'arrière, les autres l'étant vers l'avant avec une dispersion angulaire de demi-largeur $\Gamma_{el} = 13°$; la section efficace totale est $\sigma_{el} = 1,80.10^{-25}\,cm^2$. Calculant les phases à partir du résultat obtenu avec l'approximation de Born (²), on estime que celle-ci donne un résultat 12 % trop grand;

b. pour la diffusion avec arrachement de proton : les tritons résiduels sont diffusés presque isotropiquement, avec une énergie moyenne de 2 MeV; section totale : $\sigma_P = (0,6 \pm 0,2).10^{-25}$. Une estimation de la section pour diffusion avec arrachement de neutron, trop longue à calculer, donne $\sigma_N = 0,06.10^{-25}$ (³);

c. pour la diffusion avec création de deuton : deutons rapides de 70 MeV (avec une dispersion de 1,0 Mev) émis vers l'avant avec $\Gamma_{D_r} = 11°$ et $\sigma_{D_r} = 0,15.10^{-25}$;

d. les autres modes de diffusion (désintégration de l'hélion en 2 deutons, etc.) contenant dans leur état final des énergies de liaison moindres, sont négligés.

La section totale de diffusion de neutrons de 90 MeV par des hélions est donc : $\sigma_\alpha = (2,4 \pm 0,2).10^{-25}\,cm^2$.

MÉTROLOGIE. — *Enregistrement sur papier héliographique de l'évolution lente de phénomènes.* Note de MM. **Robert Legendre** et **Roger Houard**, présentée par M. Maurice Roy.

La photographie instantanée et la cinématographie permettent l'enregistrement de phénomènes rapidement variables, mais la durée du développement interdit une vérification rapide, l'exploitation des documents est longue, et le format est trop faible pour un relevé précis.

D'autre part, l'expérimentateur s'intéresse à une ou à quelques mesures, et il est souvent inutile de consacrer un cliché à l'enregistrement de multiples détails. Pour enregistrer le roulis d'un navire, par exemple, il est préférable de photographier l'horizon sur une plaque se déplaçant lentement derrière une

(²) Mott et Massey, *Theory of atomic collisions*, p. 25.

(³) Chew, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 809.

fente verticale d'un appareil photographique, plutôt que de cinématographier tout l'horizon sur un film dont l'exploitation est difficile.

Enfin, la substitution d'un papier héliographique industriel à une plaque ou à un film photographiques permet d'enregistrer les phénomènes à grande échelle et d'obtenir un document rapidement vérifiable, facile à lire et à reproduire.

Ce dernier procédé a été utilisé à l'enregistrement des niveaux de mercure dans un multimanomètre indiquant les pressions d'air en divers points du champ d'écoulement autour d'une maquette étudiée en soufflerie. Les tubes verticaux sont éclairés en lumière horizontale par des lampes à vapeur de mercure, d'un type usuellement adopté pour le tirage des papiers héliographiques, et placés à la ligne de foyers de réflecteurs cylindriques dont les génératrices sont horizontales et la section parabolique. Les ombres des niveaux de mercure se forment sur des fentes d'un panneau vertical appliqué contre les tubes et derrière lequel se déplace, d'un mouvement discontinu ou continu, le papier héliographique.

Des essais ont montré qu'il était possible de réduire à deux secondes le temps d'exposition d'un papier héliographique industriel, et d'obtenir un contraste suffisant, à condition de porter l'éclairement à 100 000 lux environ en lumière très actinique de lampes à vapeur de mercure. L'emploi de papier héliographique, rendu plus sensible par la réduction de la masse de substance à transformer, permet une réduction nouvelle jusqu'à une seconde environ, sans diminution inacceptable du contraste.

La période propre d'oscillation du mercure dans les manomètres, qui est relativement importante, interdit de toutes manières le relevé de variations rapides des pressions, et le papier héliographique assure l'enregistrement des pulsations de pressions qui sont assez lentes pour être significatives.

Lors de l'enregistrement continu de plusieurs manomètres sur un même papier, il n'est pas commode de limiter la longueur d'enregistrement à l'intervalle de deux fentes et le contraste devient douteux si plusieurs enregistrements se recouvrent. On peut alors faire flotter sur le mercure une bille de verre, bien ajustée au diamètre du tube, éclairer en lumière parallèle, et régler la position et la largeur de la fente sur l'image de la source lumineuse à travers la bille. Les divers enregistrements forment alors des lignes lumineuses très distinctes.

CHALEUR. — *Sur la réalisation du mouvement uniforme de propagation de la flamme.* Note de MM. **Henri Guénoche** et **Numa Manson**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans les conditions ordinaires d'étude des déflagrations en tube (les mélanges gazeux sont contenus dans des tubes ouverts à l'extrémité d'inflamma-

tion et fermés à l'autre), les gaz frais et les gaz brûlés sont le siège de vibrations plus ou moins intenses qui peuvent être atténuées ou même supprimées si l'on diaphragme l'extrémité d'inflammation [1]. Les déflagrations en tubes ouverts aux deux extrémités sont, elles aussi, rendues non régulières par les phénomènes vibratoires qui se superposent à l'écoulement des gaz. Une façon de réaliser un mouvement uniforme dans de tels tubes est de diaphragmer l'extrémité opposée à celle où est produite l'inflammation. L'objet de la présente Note est de décrire les résultats expérimentaux que nous avons obtenus avec le mélange $C_2H_2 + 0,25\,O_2$ contenu dans des tubes dont les dimensions sont données dans le tableau ci-après, ouverts à l'extrémité d'inflammation et diaphragmés à l'autre. Les enregistrements sont faits par la méthode photographique de Mallard et Le Chatelier.

TABLEAU A. — *Dimensions des tubes d'expérience.*

Longueur L (cm)..........	56	56	56	100	144	145
Diamètre φ (mm).........	28,7	20	10	20	10	20

L'importance du mouvement uniforme dépend du diamètre d de l'ouverture de l'extrémité aval. Il existe un diamètre d_0 pour lequel la propagation de la flamme est très sensiblement uniforme d'un bout à l'autre du tube, seul le début de la propagation étant mal défini (ce que l'on évite en diaphragmant convenablement les deux extrémités). Les enregistrements montrent que :

1° des vibrations apparaissent en fin de parcours de la flamme lorsque d devient inférieur à d_0 ;

2° des ondulations de très faible amplitude commencent à se manifester dans une certaine partie du tube lorsque d est rendu supérieur à d_0 ;

3° les expériences cessent d'être reproductibles lorsque d devient supérieur à une certaine valeur, ce qui nous a fait limiter les courbes expérimentales au point d'abscisse $0,5\,\varphi$.

Les courbes des figures 1 et 2 représentent la variation de la longueur du mouvement uniforme, X_u, rapportée à la longueur du tube, L, en fonction du rapport d/φ (la partie gauche de la courbe relative au tube de 10^{mm} de diamètre et de 56^{cm} de longueur a été tracée en pointillés, car la flamme ne se propage pas complètement dans le tube, aussi n'est-il pas certain que les valeurs de X_u obtenues pour $d = 0,4$ et $d = 0^{mm},8$ soient valables). La position de ce maximum se trouve également déterminée par la construction des courbes $\Delta\overline{D}_0/D_0$ en fonction de d/φ, $\overline{D}_0$ étant la célérité moyenne de la flamme et $\Delta\overline{D}_0$, l'écart maximum entre $\overline{D}_0$ et la célérité de la flamme mesurée dans la région du tube où elle est maximum ou minimum.

---

(1) H. GUÉNOCHE et P. LAFFITE, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1594; H. GUÉNOCHE, *Revue de l'Inst. Fr. du Pétrole*, 4, 1949, p. 515.

Lorsque l'extrémité d'inflammation est diaphragmée, l'autre étant fermée, la valeur maximum de X_u/L, variable avec les dimensions du tube, apparaît sensiblement pour une valeur de d_0/φ comprise entre 1/3 et 1/4 c'est-à-dire

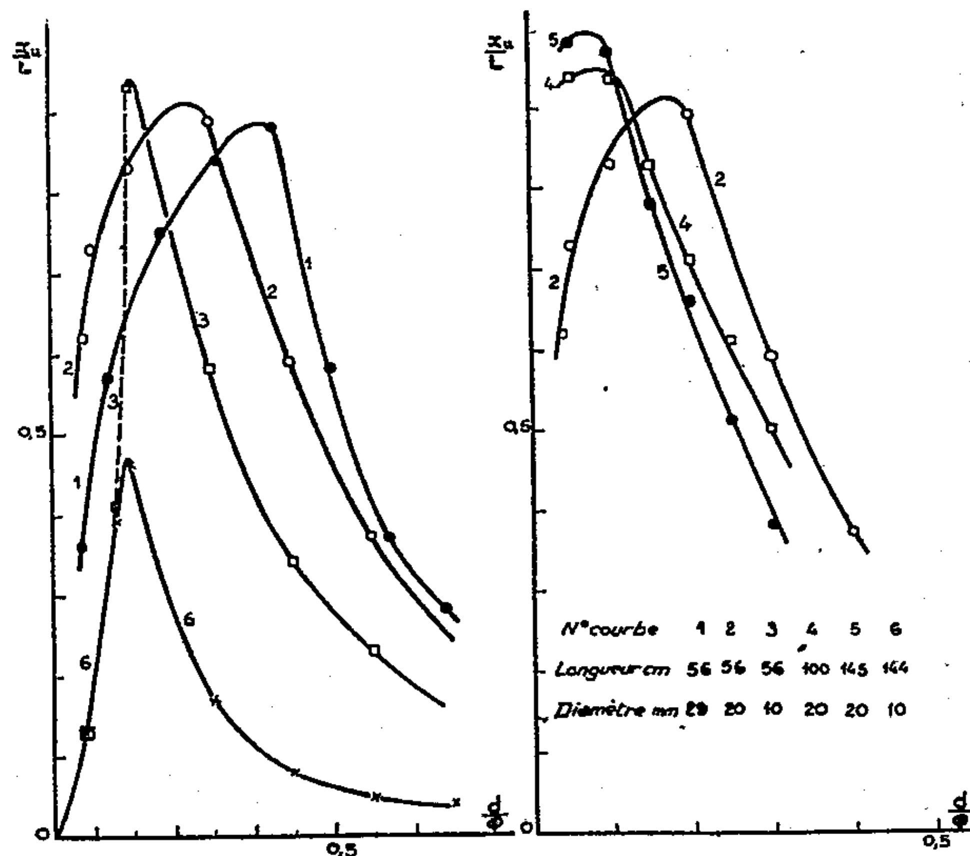


Fig. 1. Fig. 2.

variant peu. Dans le cas où l'extrémité opposée à l'extrémité d'inflammation est diaphragmée, on constate au contraire que la valeur du maximum de X_u/L n'est que peu influencée par les paramètres φ et L (exception faite pour le tube de 10^{mm} de diamètre intérieur et de 144^{cm} de longueur pour lequel la propagation est surtout ondulatoire), alors qu'elle se manifeste pour des valeurs nettement différentes de d/φ.

Si l'on admet que le rôle du diaphragme consiste à supprimer tout ébranlement réfléchi à l'extrémité où il est placé ([2]), donc, dans le cas envisagé ici, à supprimer l'influence de la limite aval, l'influence de la longueur du tube sur la célérité D_0, de propagation du mouvement uniforme de la flamme doit être nulle. C'est ce que l'on constate effectivement (tableau B).

TABLEAU B. — *Célérité de propagation de la flamme.*

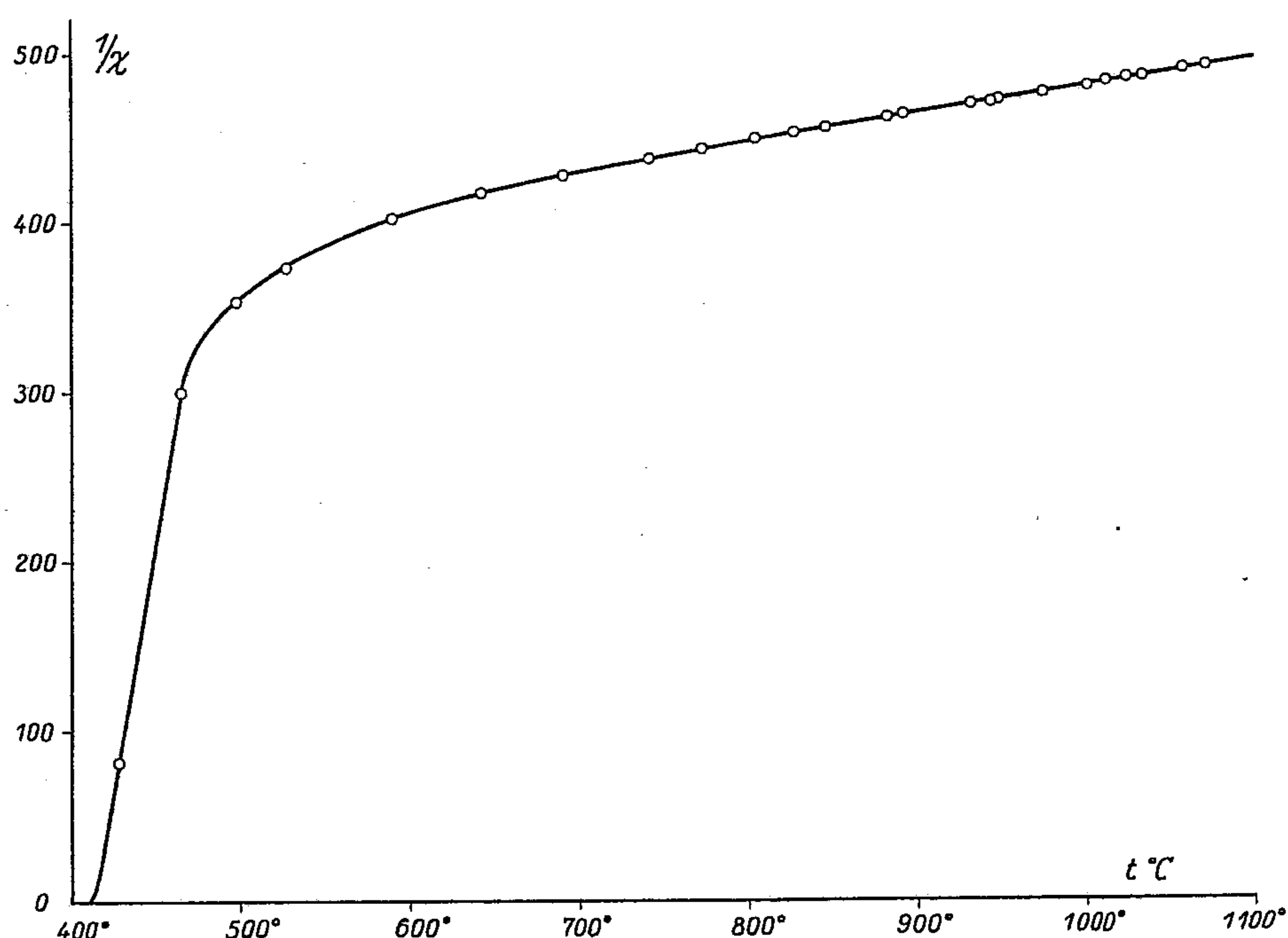
Tube	28,7/56	20/56	20/100	20/145	10/56	10/144
D_0 (cm/séc)	67	56	56	54	45	46

([2]) H. GUÉNOCHE, N. MANSON et G. MONNOT., *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 69, et 226, 1948, p. 163.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés du ferrite de magnésium aux températures élevées.* Note de M. **Gabriel Foëx** et Mlle **Alice Serres**, présentée par M. Aimé Cotton.

Depuis la publication par l'un de nous d'un travail étendu sur le paramagnétisme des ferrites au-dessus de leur point de Curie (¹), on sait que ces substances ne suivent pas la loi de Weiss. Le graphique en $1/\chi$ et T possède une allure hyperbolique avec sa concavité tournée vers l'axe des températures.

Pour les ferrites à structure inversée, dans la région de température comprise entre une cinquantaine de degrés au-dessus du point de Curie paramagnétique et 750° C la courbure du graphique disparaît si l'on retranche de tous les coefficients d'aimantation moléculaires observés un même paramagnétisme constant $\chi_m = 1573 . 10^{-6}$.



En vue de l'interprétation du paramagnétisme des ferrites il est essentiel de savoir si la courbe en $(1/\chi, T)$ possède une asymptote vers les hautes températures; et si c'est le cas, de déterminer la pente de cette asymptote. S'il s'agit d'un paramagnétisme constant superposé l'asymptote doit être parallèle à l'axe des T.

(¹) A. Serres, *Ann. de Phys.*, 17, 1932, p. 5.

Si le moment atomique croît avec la température jusqu'à celui de l'ion ferrique ou si la théorie de Néel ([2]) s'applique, l'asymptote doit avoir pour coefficient angulaire l'inverse de la constante de Curie de l'ion ferrique $C_A = 4,38$. Ces deux dernières interprétations sont incompatibles avec une valeur de C supérieure à 4,38 puisque cette valeur est la plus grande que la théorie permette d'envisager pour le fer trivalent; pour le fer bivalent l'ancienne théorie de Hund (multiplets larges), que l'expérience ne justifie en aucune manière, conduit à une constante de Curie égale à 5,54; c'est la plus grande valeur qui puisse être admise pour une constante de Curie dans le groupe du fer.

Nous avons prolongé vers les hautes températures l'étude expérimentale du ferrite de magnésium pour tenter de donner une réponse à la question posée plus haut. Les ferrites de cuivre et de nickel sont à rejeter pour une étude de ce genre étant donné qu'ils contiennent deux éléments paramagnétiques, ce qui complique les phénomènes.

Aprés essai de divers échantillons, l'étude définitive a porté sur un ferrite de magnésium provenant du laboratoire de M. Guillaud et dont les propriétés se sont montrées parfaitement réversibles. Les mesures de χ ont été faites dans une ampoule de quartz ouverte, jusqu'à 1072° C. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° La correction de paramagnétisme constant ne rectifie pas la courbe dans toute son étendue.

2° La courbe des inverses paraît bien posséder une asymptote (*voir* figure).

3° La constante de Curie déduite de la pente de cette asymptote est au moins égale à 6,40. Elle dépasse donc très largement la valeur prévue pour le fer ferrique et même celle que la théorie peu vraisemblable de Hund assigne au fer ferreux.

4° Pour tous les échantillons étudiés, provenant de divers laboratoires et préparés par des méthodes différentes la valeur de 4,38 est largement dépassée.

5° La théorie de Néel qui conduit à l'existence d'une asymptote de pente 1/4,38 est insuffisante pour interpréter les résultats observés.

MAGNÉTISME. — *Variations des points de Curie paramagnétiques d'alliages à base de palladium.* Note de M. **Jules Wucher**, présentée par M. Aimé Cotton.

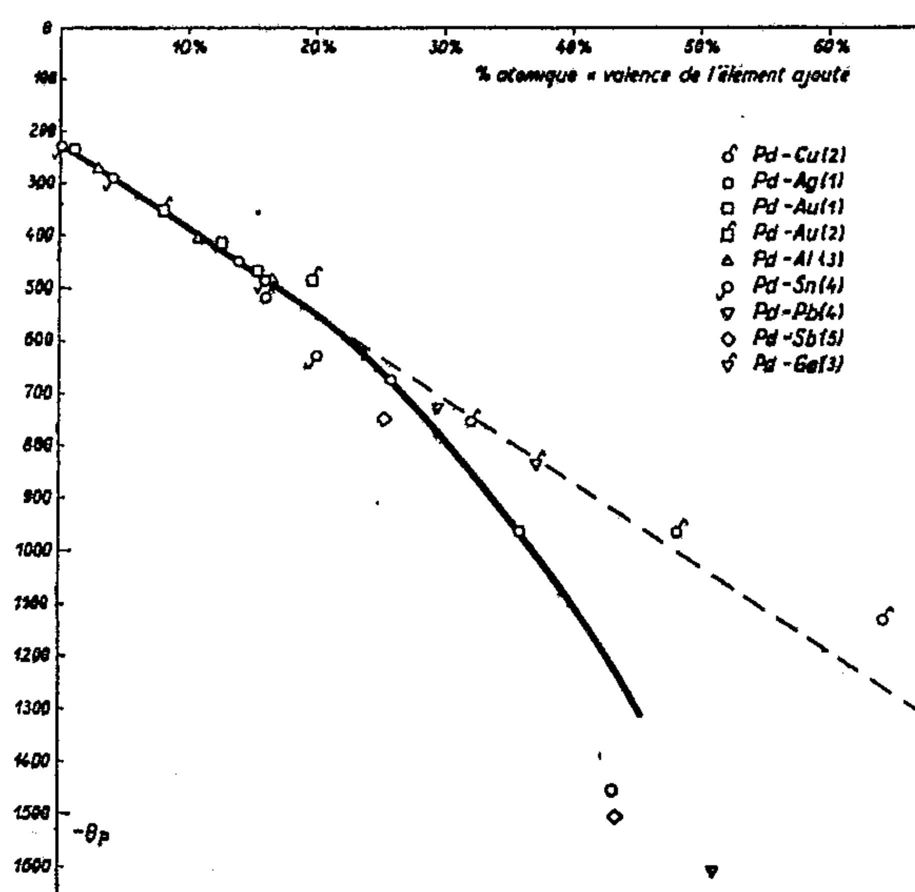
La signification de la constante Θ qui intervient dans la loi de Weiss $\chi(T - \Theta) = C$ est encore mal connue. Dans sa théorie du champ moléculaire Pierre Weiss attribuait Θ à des actions mutuelles entre atomes magnétiques.

([2]) *Ann. de Phys.*, 3, 1948, p. 137.

S'il en était ainsi Θ devrait diminuer par dissolution dans un métal diamagnétique et s'annuler aux grandes dilutions. L'étude des alliages du palladium avec divers métaux diamagnétiques conduit à un résultat bien différent.

Dans une Note précédente (¹) sont rassemblés les résultats expérimentaux relatifs aux propriétés magnétiques d'alliages à base de palladium. Tous les alliages étudiés suivent dans des intervalles de température de plusieurs centaines de degrés la loi de Curie-Weiss $\chi = C/(T - \Theta_p)$ avec toute la précision des mesures. Le cuivre, l'argent et l'or forment une suite ininterrompue de solutions solides, le plomb et l'antimoine jusqu'à 14 et 13 % atomique respectivement.

La susceptibilité χ se rapporte au palladium seul et est déduite de la susceptibilité de l'alliage en supposant que le diamagnétisme propre du palladium est le même qu'à l'état pur (valeur de Kopp $\chi_p = -0,545.10^{-6}$) et en tenant compte du diamagnétisme de l'élément ajouté. Cette correction automatique ne risque pas d'introduire des erreurs appréciables, la proportion de métal magnétique étant assez forte dans la majorité des cas étudiés.



Nous avons porté les points de Curie paramagnétiques θ_p en fonction de la concentration électronique obtenue en multipliant la concentration atomique de l'élément ajouté par sa valence telle qu'elle est donnée par le tableau suivant

Élément....	Cu	Ag	Au	Al	Ga	Sn	Pb	Sb
Valence.....	2	1	1 ou 2	3	3	4	4	5

(¹) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1309.

Pour le cuivre, si l'on admet la valence 1 les points se placent sur une droite dont la pente est double de celle de la courbe commune. On les ramène sur cette courbe en admettant une valence égale à deux. Il en est de même pour les alliages à 4 % et 9,8 % atomiques d'or.

On obtient ainsi indépendamment de la nature du métal ajouté (*fig.* 1), pour les concentrations électroniques c_e inférieures à 20 %, une droite unique

$$\theta_p = -227 - 1000\, C_e.$$

Cette variation de Θ est incompatible avec l'hypothèse que le point de Curie négatif du palladium provient d'un champ moléculaire de Weiss négatif. On s'attendrait à trouver un champ moléculaire d'autant plus faible en valeur absolue que les porteurs de moment sont plus éloignés les uns des autres et un Θ nul pour les grandes dilutions.

L'étude aux rayons X des alliages PdAg et PdAu conduit à la loi de Végard (²). L'accroissement du paramètre du réseau initial du palladium (de 3,88 Å à 4,07 Å pour 100 % de métal ajouté) augmente les distances entre couches magnétiques et devrait renforcer l'effet de la dilution.

En attribuant au cuivre et à l'or la valence 2, on introduit dans l'alliage des atomes pourvus de moments. Remarquons que cette hypothèse permet de comprendre pourquoi les moments observés 8,19 et 8,14 d'une part, et 8,17 et 8,10 d'autre part sont légèrement plus grands que celui du palladium (8,03).

Les points de Curie paramagnétiques des alliages à base de palladium sont uniquement fonction de la concentration électronique et non du nombre des voisins porteurs de moments et de leur distance réciproque.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la conductance de surface du germanium.*
Note (*) de M. **Pierre Aigrain**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans des Notes précédentes nous avons été amenés à admettre que le germanium utilisé dans les redresseurs à haut voltage inverse et les transistors possédaient toujours une conductance de surface.

Bardeen et Brattain (¹) ont pu mettre en évidence une telle conductance sur des échantillons de germanium oxydés à l'air ou par polissage anodique dans le borate de glycol, en explorant la région immédiatement voisine d'une pointe métallique. Cette méthode, toutefois, ne permettait pas de détecter des conductances inférieures à environ 10^{-4} mhos, car la variation observée du

(²) W. Stenzel et J. Weerts, *Z. Metallkde*, **24**, 1932, p. 139.

(*) Séance du 13 février 1950.

(¹) *Phys. Rev.*, **74**, 1945, p. 230.

voltage avec la distance peut presque aussi bien se représenter sans admettre l'existence d'une couche conductrice, à condition de remplacer la résistivité réelle du germanium par une valeur plus élevée que la valeur réelle, sauf aux distances de quelques microns.

Nous avons réussi à mettre en évidence la conductance de surface d'une diode à plus haute résistance inverse (20 kΩ) en utilisant un échantillon de germanium taillé en biseau, et sur lequel étaient placées une pointe n° 1 de bronze de beryllium, dans laquelle passait un courant i_1, et deux pointes auxiliaires à $14 . 10^{-3}$ cm de la première, mais situées, l'une (n° 2) sur la même face du biseau que la première, l'autre (n° 3) sur la face opposée. Le tableau suivant donne les valeurs mesurées des voltages au pointes 2 et 3, en fonction du courant qui traverse la pointe n° 1.

i_1 (μA).	V_1 (V).	i_1 (corrigé).	V_2. (mV).	V_3. (mV),	V_2 (calculé).
7,4.....	0,06	7,4	0,6	0,4	–
40......	0,62	40	6,2	1,5	–
60......	1,03	60	14,3	2,5	–
108......	2,08	100	45	4,4	30
220......	3,70	175	123	9,3	113
430......	5,90	243	241	18,5	300

On voit que les voltages mesurés sur les pointes n° 2 et n° 3 sont à peu près égaux quand i_1 est faible, mais par suite de la conductance de surface V_2 est très supérieur à V_3 aux forts courants. V_3 est proportionnel à i avec $V_3/i = 42\,\Omega$.

Aux faibles courants ($i_1 = 7{,}4\,\mu A$), la courbe $V_1 = F(i_1)$ suit la formule théorique que nous avons indiquée précédemment ([2]), indiquant une résistance de surface de 30 kΩ. Aux voltages plus élevés, la loi théorique n'est plus observée par suite de l'élévation locale de température. Nous avons indiqué i_1 corrigé, valeur de i_1 qui serait observée si cet effet n'existait pas.

Nous avons indiqué dans le tableau les valeurs calculées de V_2, pour une résistance de surface de 30 kΩ, et un courant de saturation à travers la barrière de 0,2 A/cm². Le calcul n'est facile que pour $i_1 \gtrsim 100\,\mu A$ environ.

Si la pointe n° 3 est utilisée comme émetteur d'un transistor dont la pointe n° 1 est le collecteur, on trouve que le voltage V_2 ne dépend que de i_1 (non de V_1 et i_3), ce qui montre que l'effet transistor est dû à une modulation de la conductance de surface (à paraître dans les *Comptes rendus*).

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 62.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Représentation synthétique des propriétés d'une famille de lentilles et de miroirs électrostatiques.* Note (*) de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente [1] nous avons calculé les éléments cardinaux de la lentille électrostatique indépendante de convergence moyenne et faible. Nous nous proposons maintenant de calculer la trajectoire de Gauss dans le cas général. A cet effet, nous utiliserons (en bon accord avec les résultats expérimentaux) l'expression

$$\Phi(z) = mz^4 + nz^2 + p, \tag{1}$$

pour le potentiel sur l'axe à l'intérieur de la lentille. Les coefficients m, n et p seront déterminés par les rélations

$$\Phi(0) = p, \qquad \Phi(z_0) = mz_0^4 + nz_0^2 + p, \qquad \Phi'(z_0) = 0,$$

soit

$$m = -\frac{\Phi(z_0) - \Phi(0)}{z_0^4}, \qquad n = 2\,\frac{\Phi(z_0) - \Phi(0)}{z_0^2}, \qquad p = \Phi(0), \tag{2}$$

$\Phi(0)$ et $\Phi(z_0)$ étant définis dans une Note précédente [2].

L'équation de la trajectoire de Gauss en coordonnées ordinaires r, z, devient alors

$$4(mz^4 + nz^2 + p)\frac{d^2r}{dz^2} + 2(4mz^3 + 2nz)\frac{dr}{dz} + (12mz^2 + 2n)r = 0. \tag{3}$$

Posons, pour abréger, $\lambda^2 = \Phi(z_0)/\Phi(z_0) - \Phi(0)$ et $b = 1 - \lambda/1 + \lambda$ et faisons le changement de variable $t = z^2/z_0^2(1+\lambda)$. (3) s'écrit alors

$$t(t-1)(t-b)\frac{d^2r}{dt^2} + \left[\frac{3}{2}t^2 - (1+b)t + \frac{b}{2}\right]\frac{dr}{dt} + \left(\frac{3}{4}t - \frac{1+b}{8}\right)r = 0. \tag{4}$$

Enfin, il nous sera aussi utile de rejeter la variable indépendante dans l'intervalle $(0, 1)$. A cet effet, nous poserons $x = 1 - t$ et $a = 1 - b$. La trajectoire gaussienne est alors donnée par

$$x(x-1)(x-a)\frac{d^2r}{dx^2} + \left[\frac{3}{2}x^2 - (1+a)x + \frac{a}{2}\right]\frac{dr}{dx} + \left(\frac{3}{4}x - \frac{a+4}{8}\right)r = 0, \tag{5}$$

équation différentielle linéaire, du second ordre, du type fuschsien à quatre singularités régulières (0, 1, a et ∞) dont les solutions s'expriment par les fonctions de Heun [3] (généralisations des séries hypergéométriques)

$$r(x) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n x^n, \tag{6}$$

(*) Séance du 6 février 1950.

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 630.

[2] E. Regenstreif, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1311-1313.

[3] *Mathematische Annalen*, 33, p. 161-179.

les C_n satisfaisant dans notre cas aux relations de récurrence

$$C_1 = \frac{a+4}{4a};$$

$$a(n+1)\left(\frac{1}{2}+n\right)C_{n+1} = \left[n^2(a+1)+\frac{a+4}{8}\right]C_n - \left[(n-1)(n-2)+\frac{3}{2}(n-1)+\frac{3}{4}\right]C_{n-1}.$$

La série (6) est absolument convergente dans l'intervalle (0, 1) y compris les frontières. De plus, l'équation différentielle (5) montre que la trajectoire de l'électron dépend essentiellement du paramètre $a = 2\lambda/(1+\lambda)$, c'est-à-dire du rapport $\Phi(0)/\Phi(z_0)$, ou en dernière analyse, du rapport R_1/z_0 [*cf.* (²)]. Cette équation exprime donc d'une manière synthétique l'ensemble des propriétés du dispositif qui fonctionnera en lentille pour $\lambda > 1$ et en miroir pour $\lambda < 1$. Le passage $\lambda = 1$ correspond à la confluence de l'équation différentielle (4)

$$(7) \qquad t^2(t-1)\frac{d^2r}{dt^2}+\left(\frac{3}{2}t-1\right)t\frac{dr}{dt}+\left(\frac{3}{2}t-\frac{1}{8}\right)t = 0,$$

et se traduit par la dégénérescence des fonctions de Heun : l'équation (7) est résoluble par les fonctions hypergéométriques ordinaires.

DIFFRACTION ÉLECTRONIQUE. — *Sur la formation de* Ce_2O_3 *cubique dans l'oxydation du cérium et sa mise en évidence par diffraction électronique.* Note (*) de MM. **Robert Courtel** et **Jean Loriers**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente, l'un de nous (¹) a montré que l'allure rapide de l'oxydation du cérium pouvait être attribuée à la formation, *au contact du métal*, d'un composé moins oxydé que CeO_2, et qui pourrait être Ce_2O_3 cubique. C'est le seul terme dans la série cubique des sesquioxydes de terres rares qui n'ait pas été isolé (²). La valeur de sa maille cristalline, calculée par interpolation entre La_2O_3 et Pr_2O_3, est 11,3 Å, ce qui donnerait une densité voisine de 6,1 et un *volume équivalent* d'environ 27^{cm^3}, très supérieur à ceux de CeO_2 ($23^{cm^3},5$ et du métal ($20^{cm^3},6$). Ainsi, le bioxyde ne couvrant pas Ce_2O_3 cubique, celui-ci devrait s'oxyder rapidement en CeO_2 au fur et à mesure de sa formation.

Dans le but d'étudier les phénomènes qui se produisent au contact immédiat du métal, nous avons utilisé la technique du meulage en atmosphère raréfiée,

(*) Séance du 23 janvier 1950.

(¹) J. Loriers, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 547.

(²) A. Iandelli, *Gazetta Chimica Italiana*, 77, 1947, p. 312 ; H. Bommer, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 241, 1939, p. 73.

déjà décrite par R. Courtel [3]. On peut ainsi enlever les couches superficielles d'oxyde tout en limitant leur renouvellement. L'étude des produits formés en surface est effectuée dans le vide, par diffraction électronique sous incidence rasante. L'observation porte sur des couches de quelques centaines d'angströms seulement. Les essais ont été faits sur de petits échantilllons de métal de bonne pureté (cérium à 99,55 %).

Par meulage dans un vide assez poussé (10^{-4} mm de mercure), on a obtenu régulièrement un diagramme (*fig.* 1) dont les raies principales, nettes et fines,

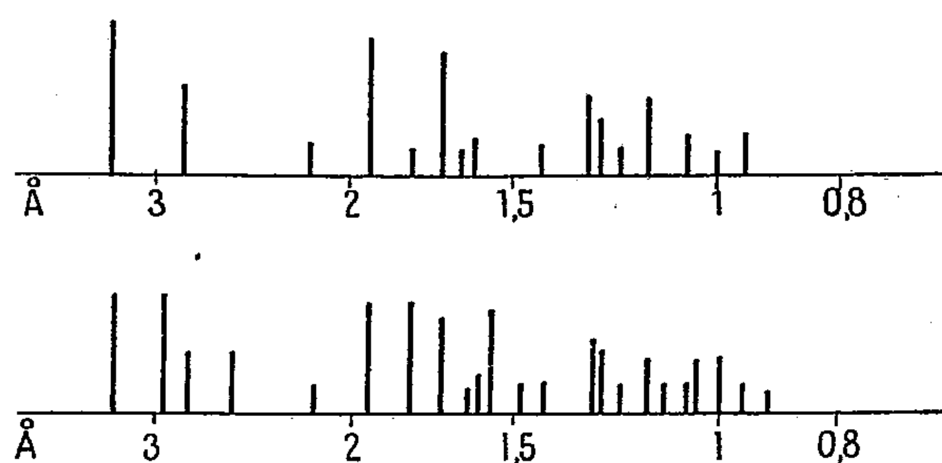


Fig. 1 et 2.

ont été identifiées comme étant celles d'un oxyde analogue aux autres sesquioxydes cubiques des terres rares. Les atomes de métal y occupent les nœuds d'un réseau très voisin du cube à faces centrées, mais la maille élémentaire de l'ensemble a un paramètre double et comprend 16^{mol} d'oxyde [4]. Sur nos clichés, on observe effectivement les raies d'un réseau c. f. c. et aussi certaines raies plus faibles telles que (510 + 431), (611 + 532), (631), déjà notées dans les diagrammes de Bommer [2] relatifs à Tm_2O_3 par exemple, et qui sont caractéristiques de la structure attendue. La détermination de son paramètre a donné $a = 11,26$ Å, valeur voisine de celle prévue pour Ce_2O_3 cubique. Cette valeur est la moyenne des résultats obtenus sur de nombreux clichés; sur chacun d'eux, on calcule a à partir des rayons de 6 à 10 raies. La précision de la détermination de a sur une seule raie ne peut guère dépasser 1/100.

Par ailleurs, on distingue sur les clichés d'autres raies, extrêmement faibles, qui peuvent être celles du réseau c. f. c. du cérium métallique ($a = 5,14$ Å). En effet, si l'on effectue le meulage sous des pressions croissantes d'azote purifié, contenant moins de 1 °/₀₀ d'O_2, on constate que ces raies gagnent en intensité aux dépens de celles de l'oxyde, et qu'elles correspondent à une maille $a = 5,17$ Å, très voisine de celle du métal (*fig.* 2). Il ne peut s'agir du nitrure, dont la maille c. f. c. a pour arête $a = 5,01$ Å. La diminution de la couche d'oxyde doit plutôt être attribuée à un effet inhibiteur d'oxydation de

(3) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 792.
(4) ZACHARIASEN, *Norske Vid. Akad. Oslo*, **1**, 1928, p. 1-165.

l'azote. De toutes façons, le diagramme de l'oxyde subsiste et sa maille garde une constance remarquable. Même en réduisant au minimum les possibilités d'oxydation, il n'apparaît pas d'autre composé, intermédiaire entre le cérium et Ce_2O_3 : il semble donc bien que cet oxyde soit le premier qui se forme sur le métal.

Au contraire, si l'on effectue le meulage dans l'oxygène pur, la valeur de la maille du réseau c. f. c., qui correspond aux raies les plus fortes varie entre 5,6 et 5,4 Å (valeur de l'arête de CeO_2). En réalité, les diagrammes étant dans ce cas formés de raies exagérément larges, il semble que l'on soit en présence, non plus d'un composé défini unique, mais d'une *série continue* de produits d'oxydation allant de Ce_2O_3 à CeO_2, analogues à ceux que M. Foëx fait intervenir dans l'oxydation de Ce_4O_7 en bioxyde [5].

En résumé, l'étude précédente a permis de montrer l'existence de la forme cubique du sesquioxyde de cérium. Dans nos conditions opératoires (meulage en atmosphère raréfiée), cet oxyde paraît être le premier stade d'oxydation du cérium métallique. A température ordinaire, il existe sous une épaisseur de quelques centaines d'angströms au moins au voisinage immédiat du métal. Sa structure est analogue à celle des autres sesquioxydes cubiques des terres rares.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Règles de sélection relatives aux transitions β interdites* (II). Note (*) de M. **Roger Nataf**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Dans une Note antérieure [1] nous avons indiqué une classification plus simple des différents ordres d'interdiction, faisant intervenir les variations de moment orbital, en admettant quelques hypothèses simples, et assez générales, sur la structure nucléaire.

D'autre part, notre discussion faisait ressortir un cas omis par les auteurs précédents qui semble être celui de $^{14}C(\Delta L = 2,\ \Delta J = 1)$ dont le spectre est ainsi interdit d'ordre 2, ce qui rétablit l'accord de la théorie avec l'expérience [2].

Nous avions pour une interdiction d'ordre *n*

ΔL.	k.	Probabilité de transition.
	$n-1$	$P''_k = \lvert G''_k \rvert^2$
n	n	$\lvert G''_k + G'_k \rvert^2$
	$n+1$	$P_k = \lvert G_k \rvert^2$

(5) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 660.

(*) Séance du 6 février 1950.

(1) R. Nataf, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 552.

(2) R. Bouchez, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 440.

avec

$$|G'_n|^2 \sim |G_{n+1}|^2 \sim (\varepsilon_0 R)^2 |G_n|^2,$$
$$|G''_n|^2 \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right)^2 |G_n|^2,$$
$$|G'''_{n-1}|^2 \sim \left(\frac{\alpha Z}{2}\right)^2 (\varepsilon_0 R)^2 |G_{n-1}|^2 \sim |G''_n|^2.$$

1° Nous n'avions pas indiqué les valeurs de ΔJ. Marshak admet que l'on doit avoir $\Delta J = k$ (sauf pour $k = 1$: $\Delta J = 0$ ou 1), car on a nécessairement $\Delta J \leqq k = j_1 + j_2$, et la valeur minima de k, ΔJ, donne les plus grands termes. En réalité, on voit que, pour un $\Delta L = n$ donné, les valeurs de k : $n-1$, n, $n+1$, donnent des probabilités à peu près du même ordre.

Nous avons donc revu ce point :

a. En négligeant les corrections de relativité, et en admettant une représentation de Pauli pour la fonction d'onde du noyau.

Nous avons alors établi, en considérant la variation des nombres quantiques m, que l'on doit avoir

$$\Delta J = \begin{cases} \Delta L - 1 \\ \Delta L \\ \Delta L + 1 \end{cases} \quad \text{soit pour } \Delta L = n, \qquad \Delta J = \begin{cases} n-1, \\ n, \\ n+1. \end{cases}$$

b. En admettant qu'un seul nucléon intervient dans la transition et qu'il obéit aux équations de Dirac.

Par les deux méthodes il en résulte :

ΔL.	k.	ΔJ.	Probabilité.
n	$n-1$	$n-1$	$\lvert G'''_{n-1}\rvert^2$
	n	$n-1, n$	$\lvert G''_n + G'_n\rvert^2$
	$n+1$	$n-1, n, n+1$	$\lvert G_{n+1}\rvert^2$

En classant par rapport aux valeurs de ΔJ, grandeur physique,

ΔL.	ΔJ.	Probabilité.	k.
n	$n-1$	$\lvert G'''_{n-1}\rvert^2 + \lvert G''_n + G'_n\rvert^2 + \lvert G_{n+1}\rvert^2$	$n-1, n, n+1$
	n	$\lvert G'' + G'_n\rvert^2 + \lvert G_{n+1}\rvert^2$	$n, n+1$
	$n+1$	$\lvert G_{n+1}\rvert^2$	$n+1$

Pour $\Delta J = n$, et $n+1$, ce résultat est en accord avec celui de Greuling ([3]) qui utilise la méthode *tensorielle* de Konopinsky, alors que nous utilisons celle de Marshak (ondes sphériques). Résultats de Greuling,

Ordre d'interdiction.	ΔJ.	Probabilité.
n	$n-1$	–
	n	$Q_n(\beta\vec{\sigma} \wedge \vec{r}, \vec{r}) + Q_n(\beta\vec{\alpha}, \vec{r}) + Q_{n+1}(\beta\vec{\sigma}, \vec{r})$
	$n+1$	$Q_{n+1}(\beta\vec{\sigma}, \vec{r})$

([3]) *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 568.

Pour $\Delta J = n - 1$, le terme que nous trouvons s'écrirait, dans la notation de Greuling : $Q_{n-1}(\beta\vec{\alpha}\wedge\vec{r}, \vec{r}) + Q_n(\beta\vec{\sigma}\wedge\vec{r}, \vec{r}) + Q_n(\beta\vec{\alpha}, \vec{r}) + Q_{n+1}(\beta\vec{\sigma}, \vec{r})$.

En résumé, nous avons le tableau II *b* complétant comme il a été dit (II) de la Note précédente.

TABLEAU II *b*.

ΔL.	ΔJ.	Probabilité.	*k*.
0	0	$\lvert G_1 \rvert^2$	1
	1	$\lvert G_1 \rvert^2$	1
1	0	$\lvert G''_1 + G'_1 \rvert^2 + \lvert G_2 \rvert^2$	1, 2
	1	$\lvert G''_1 + G'_1 \rvert^2 + \lvert G_2 \rvert^2$	1, 2
	2	$\lvert G_2 \rvert^2$	2
2	1	$\lvert G'''_1 \rvert^2 + \lvert G''_2 + G'_2 \rvert^2 + \lvert G_3 \rvert^2$	1, 2, 3
	2	$\lvert G''_2 + G'_2 \rvert^2 + \lvert G_3 \rvert^2$	2, 3
	3	$\lvert G_3 \rvert^2$	3 ...

2° La relation

$$\frac{d}{dt}(i|\vec{x}|f) = -c(i|\vec{\alpha}|f),$$

d'où l'on déduit que $|G'_n|^2 \sim (\varepsilon_0 R)^2 |G_n|_2$, est établie en négligeant la variation d'énergie coulombienne du noyau due à la transition. C'est pourquoi Greuling prend $|G'_n|^2 = C^2 |G_n|^2$ avec $(\varepsilon_0 R)^2 < C^2 < 1/10$ ajusté empiriquement.

Une estimation grossière, faite en admettant une répartition uniforme des charges dans le noyau, nous conduit à un terme correctif par excès

$$C = \varepsilon_0 R + 1{,}2\alpha(Z - 1) \qquad \text{pour une transition } \beta^-,$$
$$C = \varepsilon_0 R - 1{,}2\alpha Z \qquad \text{»} \qquad \beta^+.$$

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la masse des particules du rayonnement cosmique.* Note (*) de MM. **Étienne Bastin**, **Jean Becker**, **Paul Chanson**, **Eugène Nageotte** et **Pierre Treille**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

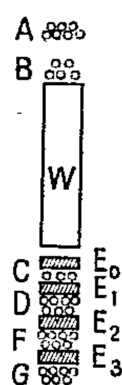
Au Laboratoire du Centre National de la Recherche Scientifique de l'Aiguille du Midi de Chamonix, situé à 3650m d'altitude, nous avons effectué, au cours de l'automne 1949, une expérience destinée à détecter les particules de masses intermédiaires entre celles du méson π et du proton. Le schéma de l'expérience est analogue à celui indiqué par divers auteurs ([1]), ([2]) et permet de calculer la masse d'une particule en fonction de son impulsion, mesurée à la chambre de Wilson (W), et du parcours restant déduit de son arrêt dans

(*) Séance du 13 février 1950.

([1]) Lhéritier, Peyrou et Lagarrigue, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1304.

([2]) Alichanian et coll., *Dokl. an. Arm. C. C. R.*, 5, n° 5, 1946, p. 129.

un des écrans de cuivre E_1, E_2, E_3, placés sous la chambre. Les trains de compteurs A, B, C sont en triple coïncidence; les trains D, F, G sont en anticoïncidence, ou bien ils commandent des volets indiquant le passage du rayon photographié. Les épaisseurs d'écrans sont : $E_0 = 1^{cm},33$, $E_1 = 1^{cm},31$, $E_2 = 2^{cm},13$, $E_3 = 2^{cm},94$. Le champ magnétique, voisin de 1600 gauss, est obtenu au moyen de bobines rectangulaires cambrées ([3]); il est pratiquement uniforme.



Dans une série de mesures l'ensemble F a été monté en anticoïncidence et l'on n'a considéré que les 61 rayons arrêtés dans E_2 : on a calculé, en se limitant au freinage par ionisation, la perte d'énergie dans chaque écran pour prévoir les bandes d'impulsion dans lesquelles on doit trouver les particules connues (mésons π et μ, électrons, protons). Les mésons doivent être dans la bande d'impulsion réduite 130-200 « MeV » et les protons au delà de 550 « MeV ». (On n'a pas cherché à préciser au-dessus de 550 « MeV » à cause de la valeur faible du champ magnétique.)

Dans la bande d'impulsion, entre 200 et 550 « MeV », on devrait donc ne trouver aucune particule connue (méson ou proton), mais plusieurs effets compliquent l'interprétation des résultats :

a. Les *électrons* ont une probabilité non négligeable d'être arrêtés dans un écran en donnant une gerbe sans particule ionisante au-dessous de l'écran. On obtient de ce fait des masses aberrantes : on en a calculé le nombre, dans chaque bande d'impulsion, d'après les spectres à cette altitude ([4]), ([5]), ([6]); ce sont les *électrons calculés* du tableau ci-après.

b. Les *mésons* π et μ dans la bande de 130 à 200 « MeV » sont naturellement arrêtés, mais ils donnent l'apparence d'une masse plus faible quand l'électron d'une désintégration dans E_1 s'arrête dans E_2. Il en est de même dans la bande 40-130 « MeV ». La probabilité d'un arrêt par effet nucléaire donnant une masse aberrante est d'ailleurs négligeable pour les mésons μ, et difficile à estimer pour les mésons π.

([3]) NAGEOTTE, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 557.
([4]) HAZEN, *Phys. Rev.*, 65, 1944, p. 68.
([5]) BERNARDINI, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 333.
([6]) AUGER, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 685.

c. Les *protons* peuvent être arrêtés dans l'écran E_2 en produisant une étoile dont une branche est d'énergie suffisante pour déclencher les compteurs F. Cet effet a été calculé grossièrement à partir du libre parcours moyen de la composante astérogène (on a pris 300 g/cm² dans le plomb).

On obtient ainsi le tableau suivant :

Impulsion des particules en « MeV ».	Particules observées (A).			Particules calculées (B).			Différences (A—B) (particules non précisées et fluctuations).	Observations.
	+.	—.	Total.	Électrons.	Mésons.	Protons.		
40 à 130........	9	6	15	13	2 à 3	–	< 1	Mésons désintégrés dans E_1
130 à 200........	9	7	16	3	12 à 13	–	< 1	
200 à 550........	2	2	4	2 à 3	–	–	< 1	
> 550 mais arrêt dans E_2.	23	4	27	0 à 1	–	5 à 6	≈ 20	On observe plus de particules de masse ≥ P que n'indique Rossi (⁷).
Particules de 200 à 550 « MeV » traversant le télescope dans la durée de l'expérience........				27	48	7 à 8	–	Calculées d'après les spectres de Rossi.

Ces résultats montrent que :

1° S'il existe des particules de masses intermédiaires entre celles des mésons et des protons, elles ont une vie moyenne inférieure à 10^{-9} s et ne sont donc pas détectées par le dispositif, ou bien leur intensité est d'un ordre de grandeur ne dépassant pas 5.10^{-5} stér^{-1} s^{-1} cm^{-2} à 3650^{m} d'altitude et dans la bande d'impulsion 200-550 « MeV ».

2° Les particules de masse égale ou supérieure à celle du proton paraissent deux fois plus nombreuses qu'on ne l'admet généralement pour cette altitude (quatre d'entre elles, négatives, sont d'explication incertaine).

Les résultats obtenus dans une expérience préliminaire où les particules photographiées s'arrêtaient aussi bien dans E_3 que dans E_1 ou E_2, portent sur 150 particules : leur interprétation est plus difficile, car l'effet des électrons aberrants est près de quatre fois plus grand dans E_1 que dans E_2 et la certitude de l'arrêt dans E_3 est sujette à caution. Le spectre des masses obtenues comporte des fluctuations du fond attribuable aux mécanismes étudiés ci-dessus, vers les valeurs 100, 500, 900. Il est assez analogue au spectre obtenu par Alichanian et ses collaborateurs (⁸) dans des conditions qui semblent assez voisines.

(⁷) Rossi, *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 537.

(⁸) Alichanian et coll., *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 61, § 1, 1948, p. 35-38.

RAYONS COSMIQUES. — *Prédominance dans l'air des particules pénétrantes de gerbes.* Note (*) de M. **Roland Maze**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les gerbes de l'air sont constituées de deux composantes, l'une électronique dont les effets secondaires se font encore sentir sous 15^{cm} de plomb et au delà, l'autre en proportion très faible 1,5 %, composée d'un mélange de mésons et de nucléons.

La question de savoir si les particules pénétrantes sont créées dans les absorbants des appareils détecteurs, ou existent déjà dans l'air, a été souvent discutée.

D'importants problèmes tels que ceux : de l'origine, des sections efficaces d'interaction, de l'association, dépendent de la réponse.

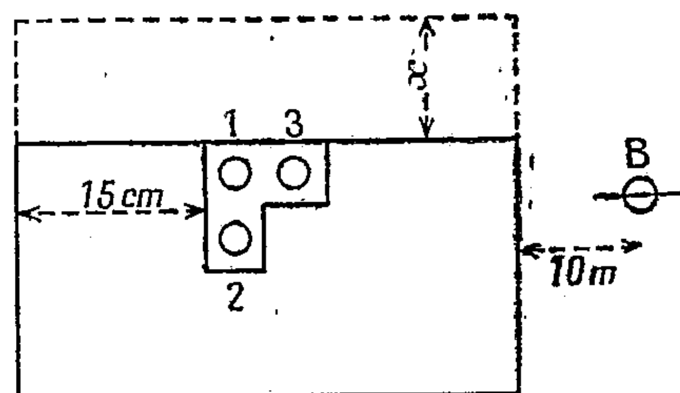
Les études à la chambre de Wilson ont montré d'une part des trajectoires parallèles, d'autre part des explosions locales, mais les clichés sont trop rares et complexes pour en tirer des conclusions sur la prédominance de l'un ou de l'autre de ces phénomènes.

Cocconi et Greisen ([1]), en interprétant de nombreux résultats, ont prouvé de manière indirecte que les particules pénétrantes préexistent en grande majorité dans l'air.

Nous avons tenté une expérience directe basée sur les faits connus suivants : les gerbes tombent presque verticalement étant distribuées en $\cos^8\theta$, si des effets locaux nucléaires se produisent dans les absorbants, des rayons émis plus ou moins isotropiquement sont sûrement présents; dès lors, un télescope de compteurs noyé dans le plomb et associé à un banc de grande surface situé à 10^{m}, ne doit pas avoir d'effet directionnel, à moins que les particules de l'air ne soient prédominantes.

Nous avons adopté un dispositif télescopique très ouvert plus sensible aux rayons isotropes, constitué de trois compteurs disposés suivant la figure.

Pb (cm).....	0.	3,2.	7,5.	22,5.
B 12.........	176	154	119	158
B 13.........	51	39	28	9
B 123........	74	80	32	17
K............	2	2	2,5	6,7
Temps (h)....	42	98	71	145



On enregistrait en même temps les coïncidences B, 1, 2; B, 1, 3 et B, 1, 2, 3. Le rapport (B 12 + B 123/B 13 + B 123) concrétise l'effet directif.

(*) Séance du 30 janvier 1950.

([1]) *Phys. Rev.*, avril 1948.

L'évolution de ce rapport indiqué par K dans le tableau montre que l'effet d'orientation très faible au départ augmente à mesure que les secondaires de la composante électronique disparaissent, seules les particules présentes sous 22^{cm} de plomb ont une prédominance verticale nettement marquée.

La fréquence des événements B 12 varie de 1,7 à 1 par heure entre 7,5 et 22^{cm}, tandis que (B 13 + B 123) diminue d'un facteur 5,5; la présence d'un compteur en anticoïncidence tel que 3 permet donc de sélectionner une proportion déjà notable de particules pénétrantes verticales sous 10^{cm} de plomb par exemple.

En disposant autour de chacun des compteurs 123, un cylindre de plomb de 4^{mm} d'épaisseur bien ajusté, la fréquence des coïncidences diminue de 20 % sans plomb au-dessus, de 40 % sous 7^{cm},5 de plomb, et ne change pas sous l'épaisseur maximum (10 % d'erreur statistique); en conséquence, l'isotropie est bien due à des secondaires mous comme l'avait montré Daudin ([2]) et provenant probablement d'un grand nombre de photons selon les vues de Greisen et Cocconi ([1]).

La valeur de K sous 22^{cm} s'explique par l'association de trajectoires de l'air compte tenu du spectre de densité et par conséquent, si des explosions existent, elles sont de toute manière en faible proportion.

Des essais avec des arrangements de télescopes ouverts de compteurs nus et non protégés latéralement, montrent que les effets d'orientation sont nuls malgré la verticalité des gerbes, vérifiable en couvrant un angle solide assez faible par un absorbant.

Il est donc impossible de définir la trajectoire d'une particule électronique à l'aide de compteurs, étant donné le nombre très élevé de secondaires et de photons. Seules les mesures tenant compte de la densité ont un sens.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure du germanobromoforme établie au moyen de son spectre Raman.* Note de Mlle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons montré ([1]) par l'étude de son spectre Raman que la molécule de $GeHCl_3$ était du type chloroforme. Le spectre de $GeHCl_3$ comporte en effet six fréquences (trois polarisées et trois dépolarisées) comme toute molécule tétraédrique de type AX_3Y. Parmi ces six fréquences, deux d'entre elles : 699 cm^{-1} (dépol.) et 2159 cm^{-1} (pol.), correspondent à la liaison Ge-H qui est bien covalente.

Si $GeHBr_3$ a le même type structural, son spectre doit aussi comporter six raies dont deux doivent peu différer de 699 et 2158 cm^{-1}. L'étude comparée des

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1094.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1007.

couples de spectres de $SiCl_4$ et $SiHCl_3$; $SiBr_4$ et $SiHBr_3$; $GeCl_4$ et $GeHCl_3$, nous permet de prévoir dans quelle région du spectre nous devons attendre les quatre autres fréquences du germanobromoforme.

Nous avions obtenu ([1]) par attaque du germanium réduit par le gaz HCl du germanochloroforme, souillé d'un peu de $GeCl_4$, ce qui ne gêne pas pour l'étude du spectre Raman, les raies de $GeCl_4$ étant bien connues. Brewer et Dennis ([2]) ont signalé que l'attaque du germanium par le gaz HBr donnait un mélange de $GeBr_4$ et de $GeHBr_3$. Il ressort du travail de ces auteurs que l'analyse du mélange obtenu est d'une difficulté extrême. Nous avons pensé que l'étude du spectre Raman d'un tel mélange nous permettrait bien mieux que n'importe quelle autre méthode, d'en mettre en évidence, sans les altérer, les divers constituants. Nous avons de tels renseignements sur ce que doit être le spectre du germanobromoforme que nous pouvons résoudre à la fois le double problème de son existence et de sa structure.

Nous avons donc soumis à l'effet Raman le liquide obtenu par attaque de germanium par le gaz HBr. Le spectre de ce liquide est constitué par neuf raies distinctes. On y observe les quatre raies de $GeBr_4$, mais la quatrième (327 cm^{-1}) est intensifiée par rapport aux trois autres raies du spectre normal de ce corps. Les cinq autres raies sont attribuables sans ambiguïté à une molécule $GeHBr_3$ du type chloroforme. En particulier, on a bien deux raies : 674 (dépol.) et 2116 (pol.) correspondant à la liaison Ge-H. Une sixième raie, la plus faible du spectre, doit être bien voisine de la raie 327 de $GeBr_4$. C'est sans doute la présence de cette raie qui produit l'intensification relative de la raie $\nu_{2,3,4}$ de $GeBr_4$.

Le tableau reproduit les spectres de $SiCl_4$, $SiHCl_3$, $SiHBr_3$, $SiBr_4$, $GeCl_4$, $GeHCl_3$, le spectre trouvé pour $GeHBr_3$ et celui de $GeBr_4$.

Fréquences en cm^{-1} (modes de vibration).

	δ_{12}.	δ_{345}.	ν_1.	ν_{234}.	Si—H	
$SiCl_4$	150 (D)	221 (D)	424 (P)	610 (D)		
$SiHCl_3$	179 (D)	250 (P)	489 (P)	587 (D)	799 (D)	2258 (P)
	δ_{12}.	δ_3.	ν_1.	ν_{23}.	δ_{45}.	ν_4.
$SiHBr_3$	115 (D)	166 (P)	362 (P)	470 (D)	770 (D)	2236 (P)
$SiBr_4$	90 (D)	137 (D)	249 (P)	487 (D)		
	δ_{12}.	δ_{345}.	ν_1.	ν_{234}.	Ge—H	
$GeCl_4$	136 (D)	172 (D)	396 (P)	453 (D)		
$GeHCl_3$	149 (D)	181 (P)	409 (P)	438 (D)	699 (D)	2159 (P)
	δ_{12}.	δ_3.	ν_1.	ν_{23}.	δ_{45}	ν_4.
$GeHBr_3$ ...	95	128	273	325 env.	674	2116
$GeHBr_3$ J..	7	4	10	f	f	M
$GeHBr_3$ ρ..	6/7	0,4	0,05	6/7	6/7	0,05
$GeBr_4$	80 (D)	112 (D)	235 (P)	327 (D)		
	δ_{12}.	δ_{345}.	ν_1.	ν_{234}.		

([2]) *Journ. phys. Chem.*, 31, 1927, p. 1526.

L'existence d'une molécule $GeHBr_3$ de type chloroforme est donc mise en evidence et ce corps se forme bien en même temps que $GeBr_4$ par attaque du germanium par le gaz HBr.

L'attaque du germanium par le gaz HCl donnait surtout du $GeHCl_3$, tandis que l'attaque par le gaz HBr nous a donné plus de $GeBr_4$ que de $GeHBr_3$.

Le spectre du germanobromoforme anhydre n'a rien de comparable avec le spectre de la solution aqueuse de $GeBr_2$ et l'acide bromhydrique décrit par Tchakirian [3].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les mesures magnétiques appliquées à l'adsorption.* Note de M. **Clément Courty**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une série de Notes publiées ici même [1], j'ai montré la contribution fructueuse que pouvaient apporter les mesures magnétiques aux études d'adsorption.

A l'examen de ces mesures, on pourrait avoir une impression d'incertitude en ce qui concerne l'application, à l'adsorption, des règles dites d'additivité des constantes magnétiques. Je pense pouvoir affirmer que, compte tenu des possibilités d'adsorption activée, ces règles peuvent s'appliquer.

Lorsqu'on met un charbon activé dans l'air, à degré hygrométrique 90, il adsorbe de l'eau. Cette eau déplace une partie de l'air contenu dans le charbon, et l'augmentation de masse de l'adsorbant représente la masse d'eau fixée diminuée de la masse d'air déplacée. Les pesées, combinées aux mesures magnétiques, permettent de faire le bilan des échanges, puisque les coefficients d'aimantation de l'air et de l'eau sont des constantes égales, respectivement, à $+24,16.10^{-6}$ et $-0,72.10^{-6}$.

Or, les très nombreuses mesures que j'ai été amené à faire, depuis plusieurs années, me permettent d'affirmer :

1° que le coefficient d'aimantation de l'eau fixée sur les charbons activés est bien constant;

2° que le coefficient d'aimantation de l'air, dans les mêmes conditions, diminue depuis l'instant où le charbon a été saturé d'air (après avoir été soumis, à froid, à un vide très poussé) jusqu'au moment où l'on fait la mesure.

3° Cette diminution, assez lente, permet d'atteindre au bout d'un an environ, une valeur du coefficient de l'air égale à $+14,94.10^{-6}$, donc nettement inférieure à la valeur initiale, $+24,16.10^{-6}$, à la température de $+20°C$.

---

(3) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1758.

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 823; **215**, 1942, p. 18 et 461; **216**, 1943, p. 769; **218**, 1944, p. 832; **221**, 1945, p. 27; **222**, 1946, p. 880 et 1385; **223**, 1946, p. 624; **224**, 1947, p. 1638.

Si l'on admet que l'air frais contient 23,2 % en poids d'oxygène, de coefficient d'aimantation $+107,8.10^{-6}$, et que la constitution reste la même durant la conservation de l'air dans le charbon, on trouve que le coefficient d'aimantation de l'oxygène atteint, au bout d'une année environ, la valeur $+68,44.10^{-6}$, très voisine de la valeur $+61,03.10^{-6}$ prise par l'oxygène seul, au contact du charbon activé, pendant le même temps.

Il est bon, toutefois, de remarquer que ces mesures ont été faites sur du charbon de coques de noix de coco, activé à la valeur d'eau et au gaz carbonique à 900°C, et que ce charbon n'a jamais été dégazé, par chauffage et vide combinés, avant les expériences. Il a été simplement desséché à l'étuve à 110°C jusqu'à poids constant, puis soumis au vide d'une pompe à diffusion, pendant 4 à 5 heures, et *à froid*. L'évacuation des gaz, faite à chaud et sous vide, serait naturellement plus correcte, mais rendrait les mesures magnétiques impossibles avec l'appareillage dont je dispose.

Il y a cependant tout lieu de croire que, même en dégazant à chaud et sous vide, compte tenu des réactions que donne alors le charbon avec l'oxygène ou l'air (et, en particulier, la formation de gaz carbonique), les règles d'additivité continueraient à s'appliquer. Je montrerai du reste, dans une prochaine Note, comment on peut interpréter les résultats ci-dessus en admettant la formation de gaz carbonique.

Pour étayer ce qui précède, voici deux résultats expérimentaux particulièrement significatifs.

1° *Constance du coefficient d'aimantation de l'eau.* — Le tube de la balance magnétique garni de charbon sec saturé d'air frais, donne un écart $d_0 = 1426^{mm}$. Ayant reçu $1^g,4021$ d'eau, il y a eu déplacement de $0^g,0102$ d'air, et l'écart à la balance magnétique est devenu $d = 1063^{mm}$, soit un écart égal à $258^{mm},8$ par gramme d'eau. Or, sans charbon, un gramme d'eau donne un écart de 344^{mm}. Le coefficient d'aimantation apparent de l'eau dans le charbon serait égal à

$$-\frac{258,8}{344}(0,72.10^{-6} = -0,5414.10^{-6}.$$

Mais, en tenant compte de l'air déplacé, soit $0,0102.100/1,4021 = 0,72$ % en poids, on trouve

$$-0,5414.10^{-6}.100 = +0,72.24,16.10^{6} - (100 - 0,72)x.10^{-6},$$

x étant le coefficient corrigé; d'où $x = -0,720.10^{-6}$.

2° *Valeur du coefficient d'aimantation de l'air dans le charbon après un an de conservation à la température ordinaire.* — Le même tube de la balance, garni de charbon et *d'air depuis une année,* donne un écart net $d_0 = 881^{mm}$. On ajoute $1^g,1994$ d'eau. L'écart devient $d = 521^{mm}$, et la diminution par gramme d'eau 300^{mm}; mais il y a eu déplacement de $0^g,0093$ d'air. Le coefficient

d'aimantation de l'eau, non corrigé, serait

$$-\frac{300}{344}(0,72.10^{-6}) = -0,5985.10^{-6};$$

mais, comme il y a eu déplacement d'air, 0,775 % en poids, le coefficicient y, d'aimantation de l'air découle de l'équation

$$-0,5985.10^{-6}.100 = y.0,775 - 0,72.19^{-6}(100 - 0,775),$$

d'où $y = +14,94.10^{-6}$.

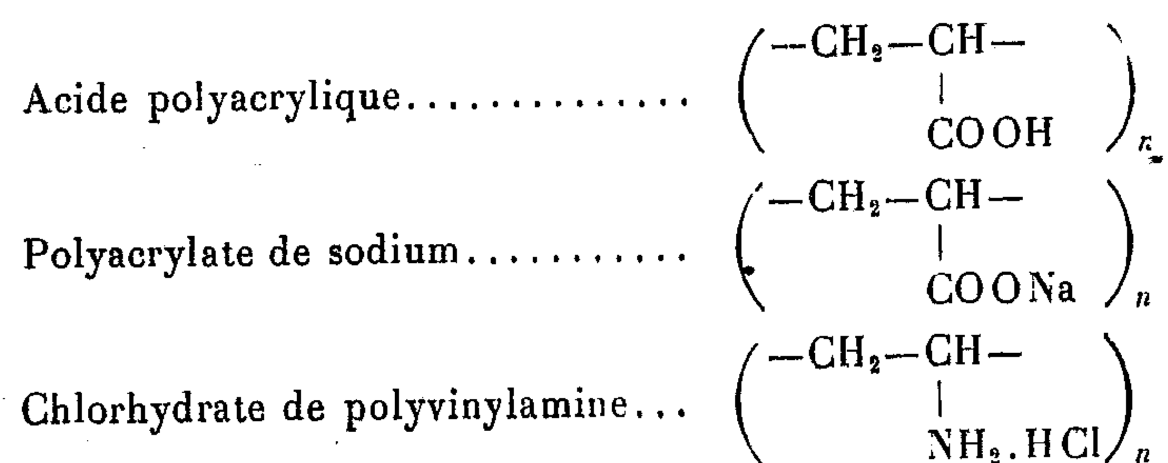
Ces deux résultats ont été, bien entendu, confirmés à plusieurs reprises.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'équilibre de Donnan.* Note de Mme **Fanny Boyer-Kawenoki**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Le phénomène d'équilibre de Donnan consiste dans l'inégale répartition d'un électrolyte diffusible entre deux phases liquides séparées par une membrane, lorsqu'une de ces phases contient en solution un produit incapable de traverser la membrane et ayant un ion commun avec l'électrolyte.

La théorie de ce phénomène a été vérifiée de diverses manières. Mais la plupart des méthodes sont indirectes et l'interprétation des résultats n'est pas nette. D'autres plus directes ont conduit à opérer avec des colloïdes minéraux, et alors la théorie ne semble pas vérifiée. Mais là aussi les résultats sont indécis, par ce que la composition de ces colloïdes varie de manière inconnue au cours de l'opération.

Pour éviter à la fois tous ces inconvénients, j'ai entrepris l'étude de l'équilibre avec des macromolécules synthétiques ionisées qui remplissent aussi exactement que possible les conditions théoriques :



L'acide polyacrylique était additionné de HCl (ion commun H), le polyacrylate de sodium et le chlorhydrate de polyvinylamine de NaCl (ion commun Na et Cl). La solution macromoléculaire était placée dans un sac de collodion et laissée au contact de l'électrolyte, sous une pression égale à sa pression osmotique, jusqu'à établissement de l'équilibre. De cette manière on obtient l'équilibre vrai ou thermodynamique exigé par la théorie et auquel il

est impossible de parvenir par ultrafiltration. L'oubli de cette condition est à l'origine de bien des erreurs commises.

Mon but en faisant ces mesures n'a pas été exactement de vérifier la théorie. Il ne fait pas de doute que dans des conditions idéales elle soit exacte, puisqu'elle est fondée sur la thermodynamique. La question véritable est de savoir si dans la pratique on peut se rapprocher assez de ces conditions idéales pour que l'application de la théorie soit justifiée. La nécessité de cette vérification semble avoir été méconnue, et la théorie a été appliquée à toutes sortes de phénomènes comme si son efficacité était certaine.

Mes expériences ont donné les résultats suivants :

1° Dans tous les cas, à l'équilibre la concentration de l'électrolyte diffusible a été plus grande dans le liquide extérieur que dans le liquide colloïdal; cette inégalité est en accord qualitatif avec la théorie.

2° La différence ne tient pas à l'existence dans le colloïde d'une certaine quantité d'eau liée, car elle ne se retrouve pas s'il n'y a pas d'ion commun.

3° Si l'on réduit par ultrafiltration le volume de la solution colloïdale, sa concentration en électrolyte va sans cesse en diminuant, ce qui est qualitativement d'accord avec la théorie.

4° Il n'est pas possible d'arriver sans hypothèse à une vérification quantitative. Un des facteurs de l'équation d'équilibre est l'activité dans la solution colloïdale de l'ion commun. L'expérience ne donne en général que la concentration totale de cet ion. Par exemple dans le système (polyacrylate de Na—NaCl) la seule quantité connue sans ambiguïté est la concentration totale de Na. Or, si on l'introduit dans le calcul, on constate une discordance absolue avec les chiffres expérimentaux.

4° Par contre on les retrouve à peu près si l'on admet que pendant toute l'opération 30 % seulement du sodium existent sous forme d'ions prenant part à l'équilibre. Pour le système acide polyacrylique-HCl, ce chiffre baisse à 6 % et à 22 % pour le système chlorhydrate de polyvinylamine-HCl. Ces nombres ne sont pas en désaccord avec les mesures de conductivité, qui indiquent une ionisation seulement partielle. Mais on sait combien l'interprétation de ces mesures est hasardeuse pour les solutions colloïdales, en l'absence d'une théorie reliant la nature électrochimique du colloïde avec la pression osmotique, la conductivité, le degré d'ionisation et l'activité. Dans la réalité cette proportion de 30 %, calculée pour les ions Na actifs, ne signifie nullement que 30 % du Na soient réellement sous la forme d'ions intervenant comme tels dans la pression osmotique et la conductivité. C'est seulement un artifice permettant de donner à la théorie une apparence de vérification.

La conclusion à tirer de ceci est que la théorie de Donnan, quelle que puisse être sa valeur générale, n'est pas applicable *en pratique* quand les solutions contiennent des colloïdes ionisés. Or c'est toujours dans ce cas que l'on se trouve

puisque pour appliquer la théorie aux molécules ordinaires il faudrait avoir des membranes semi-perméables vis-à-vis de ces molécules : membranes dont nous ne connaissons aucun exemple.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la surtension de l'hydrogène.*
Note de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans notre Note précédente (¹) nous avons proposé d'admettre que les ions H^+ adsorbés sur la cathode créent un champ suffisant pour extraire à froid les électrons du métal. D'après les expériences de Millikan et Lauristen (1928) le courant par centimètre carré dépendra du champ E suivant $I = C e^{-(\beta/E)}$, ou peut être $CE^2 e^{-(\beta/E)}$. Fowler et Nordheim (²) ont retrouvé la deuxième formule par la théorie en supposant que le passage des électrons a lieu *en tunnel* à travers la barrière de potentiel superficielle du métal; les électrons obéissent dans le métal à la statistique de Fermi; on trouve $\beta = 2,1 . 10^8 \chi^{3/2}$, où χ est le travail d'extraction du métal. On pourrait penser à un parallélisme entre χ et la surtension η. Le tableau I donne pour un certain nombre de métaux *rugueux* les surtensions minima η d'après Thiel (1913) et les χ d'après Reimann (thermionic emission) :

Tableau I.

	Pt.	AU.	Ag.	Ni.	W.	Mo.	Sn.	Graphite.	Ta.	Hg.
η...	0	0,0169	0,097	0,137	0,157	0,168	0,19	0,335	0,39	0,57
χ...	6,28	4,90	4,74	5,02	4,54	4,15	4,33	4,0	4,12	4,52

Les η sont rangés par valeurs décroissantes; on ne remarque aucune régularité dans les χ. Ceux-ci sont toutefois de l'ordre de 5 V; $\chi^{3/2}$ est de l'ordre de 10, β de l'ordre de 10^9; cela prouve que les courants doivent devenir importants vers $E = 10^7$ V/cm, champ qui est obtenu précisément entre la couche adsorbée et la cathode.

L'adsorption a lieu d'abord sur les emplacements les plus actifs; les ions doivent y former une simple couche où ils sont serrés au maximum; sous cette couche, le champ a la valeur nécessaire pour l'extraction des électrons; le courant est proportionnel à la surface couverte. Celle-ci est déterminée par l'isotherme d'adsorption. D'après Langmuir la fraction σ de la surface totale couverte est donnée par $\sigma = [H^+]/[H^+] + A$, où $[H^+]$ est la concentration de la solution. A est égal au rapport k_2/k_1 de deux constantes de vitesse; k_1 est fixe; k_2 est proportionnelle à $\rho^{-(W/RT)}$ où W est la chaleur d'adsorption (évaporation des ions adsorbés). Quand on veut augmenter i, il faut garnir davantage la surface c'est-à-dire occuper des emplacements moins actifs, d'où la nécessité

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 644.
(²) *Proc. Roy. Soc.*, 119 A, 1928, p. 173.

d'une polarisation négative pour ancrer davantage les ions. Une partie au moins de l'énergie ηF (F, Faraday) doit ainsi intervenir pour relever en quelque sorte artificiellement W. On écrira donc $(W + \alpha F\eta)/RT$.

Dans la série des métaux ci-dessus, σ augmente de Pt à Hg. L'étude des phénomènes électrocapillaires montre que les couches d'ions adsorbés sur Hg sont encore loin d'être monomoléculaires; on est donc dans les valeurs faibles de σ et pratiquement on peut écrire $\sigma = [H^+]/A$, ce qui donne

$$i = K[H^+]\,e^{\frac{W+\alpha F\eta}{RT}},$$

d'où

$$\log_{10} i = C + \frac{W}{2,3RT} + \frac{\alpha F\eta}{2,3RT}, \tag{1}$$

W doit être un peu variable avec η; si on le suppose constant, l'équation (1) n'est autre que celle de Tafel. Le coefficient $2,3RT/\alpha F$ coïncidera avec la valeur expérimentale 0,11 à 0,12 si $\alpha = 1/2$. Cela veut dire qu'une fraction seulement de η intervient. Comme en électrophorèse, on pourra supposer que c'est celle qui provient de la couche de Gouy. Nous reviendrons sur quelques détails de cette théorie.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Semimicrodosage du fluor et du soufre dans les composés organiques volatils et gazeux.* Note de M. **Jean Neudorffer**, présentée par M. Paul Lebeau.

La fluoration de composés organiques contenant du soufre conduit le plus souvent à des mélanges de liquides et de gaz dont la purification et l'identification nécessitent d'effectuer le dosage du fluor et du soufre après destruction de la matière organique.

Parmi les méthodes utilisées pour le dosage simultané de ces deux éléments dans les composés organiques, il convient de citer celles dans lesquelles on transforme le fluor en acide fluorhydrique et le soufre en acide sulfurique par combustion, comme, par exemple, dans la méthode dite à la lampe (1), ou, encore, par utilisation d'un petit chalumeau air-hydrogène (2), (3) dans lequel sont entraînées les vapeurs organiques. Pour le soufre, ces méthodes sont relativement satisfaisantes, en particulier celle de Drehschmidt (4) modifiée par Picon (5).

(1) Matuszak et Brown, *Ind. eng. Chem. Anal.*, Ed. **17**, 1945, p. 100.
(2) Cadenbach, *Z. angew. Chem.*, **46**, 1933, p. 130.
(3) Treadwell et Zürcher, *Helv. Chim. Acta*, **22**, 1939, p. 1371.
(4) *Berl-Lung. Untersuchungsmethoden*, 8 Aufl. Bd 4, S 97.
(5) *B. S. C.*, 5e série, **16**, 1949, p. 299.

Nous avons obtenu de bons résultats en effectuant la combustion du composé fluoré et sulfuré dans un petit chalumeau oxhydrique avec un appareil en matière plastique transparente, bakélite et platine, inattaquable à l'acide fluor hydrique et à l'anhydride sulfurique.

A cet effet, la prise d'essai, à l'état de gaz ou de vapeur, est additionnée d'hydrogène et un chauffage électrique rigoureusement contrôlé assure l'homogénéité du mélange. La combustion est effectuée à l'extrémité d'un tube de platine dans une cloche fermée où arrive de l'oxygène pur en léger excès. Les produits de la combustion se répartissent en deux portions; l'une, formée d'eau condensée ayant dissous de l'acide fluorhydrique, de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique, s'écoule dans un récipient contenant de l'eau oxygénée alcaline; la partie non condensée, formée de vapeur d'eau et des mêmes constituants fluorés et sulfurés, traverse deux petits laveurs contenant la même solution, au travers desquels ces produits sont lentement aspirés, et, finalement, un disque de verre fritté, où se fixent les dernières traces d'anhydride sulfurique. Dans ces conditions le fluor, le soufre et le carbone sont respectivement transformés en fluorure, sulfate et carbonate de potassium.

Les liquides des divers récipients, réunis aux eaux de lavage, sont soumis à l'évaporation au bain-marie et ramenés à 20^{cm^3}, puis neutralisés très exactement avec de l'acide chlorhydrique normal, en présence de phénolphtaléine, à l'ébullition (destruction des carbonates). Ces opérations sont effectuées dans des récipients de verre pour le dosage du soufre, d'argent pur pour le dosage du fluor.

On précipite les sulfates par le chlorure de baryum, après addition d'acide borique en milieu acide de manière à maintenir le fluor en solution (6). Le sulfate de baryum formé est recueilli et pesé. Le fluor est dosé alcalimétriquement selon la méthode de Ryss et Bezmenova (7).

Ce procédé fournit des résultats entachés d'une erreur inférieure à 1 % pour le fluor et de l'ordre de 1 à 1,5 % pour le soufre, pour des mélanges où nous avons fait varier le rapport fluor/soufre de 1 à 8. Il peut être efficacement appliqué à des corps d'une inertie chimique exceptionnelle tels que le tétrafluorure de carbone et l'hexafluorure de soufre. Les prises d'essai doivent être de l'ordre de 30^{mg} environ.

Nous avons réuni dans le tableau ci-après des exemples de son application.

En résumé, nous avons décrit un procédé de dosage simultané du fluor et du soufre conduisant à des résultats satisfaisants, et basé sur la combustion d'un mélange d'hydrogène et des vapeurs du composé fluosulfuré considéré dans une atmosphère d'oxygène pur.

---

(6) Borkowskii et Porfirev, *Zav. Lab.*, 3, 1934, p. 1089.

(7) *Zav. Lab.*, 4, 1935, p. 163.

	Fluor.			Soufre.		
	Théorie (mg).	Trouvé (mg).	Erreur relative (%).	Théorie (mg).	Trouvé (mg).	Erreur relative (%).
Monofluorobenzène...	30,53	30,65	+ 0,4	–	–	–
	32,08	32,05	– 0,1	–	–	–
Tétrafluorure de carbone..............	31,55	31,20	– 1	–	–	–
	32,33	32,18	– 0,45	–	–	–
Thiophène...........	–	–	–	38,09	37,67	– 1,1
	–	–	–	47,42	46,97	– 0,9
Monofluorobenzène et thiophène.........	55,93	56,00	+ 0,12	62,00	–	–
	50,5	50,72	+ 0,44	56,21	55,36	– 1,5
	49,99	50,00	0	60,10	59,36	– 1,23
Hexafluorure de soufre.	29,31	29,12	– 0,65	8,23	–	–
	32,83	32,88	+ 0,15	9,22	–	–
	90,00	–	–	25,26	25,61	+ 1,4
	92,39	–	–	26,07	26,35	+ 1,07
Hexafluorure de soufre et tétrafluorure de carbone...........	29,25	28,98	– 0,95	3,81	–	–
	26,88	26,61	– 1,05	3,502	–	–
	72,17	–	–	8,776	9,007	+ 2,6
	73,19	–	–	8,992	8,938	– 0,6

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude microsclérométrique de la diffusion en phases multiples du glucinium dans l'aluminium très pur.* Note (*) de MM. **Helmut Bückle** et **Jacques Descamps**, présentée par M. Pierre Chevenard.

La plupart des auteurs qui ont étudié quantitativement la diffusion entre métaux à l'état solide, ont opéré en phase unique. Cependant, à la suggestion de C. Wagner, l'un de nous a entrepris récemment des expériences en phases multiples, en a déjà décrit le mode opératoire et exposé l'élaboration des résultats (1). La présente Note concerne une nouvelle application de cette technique au cas particulier du couple formé par l'aluminium très pur et un alliage aluminium-glucinium, constitué lui-même par un agrégat de glucinium dispersé dans la solution solide Al-Be.

Par rapport à la diffusion en phase unique, une complication apparaît dans un système à phases multiples, du fait qu'on voit se déplacer la frontière entre le domaine de la solution solide et le domaine de l'agrégat, c'est-à-dire la surface qui correspond à la concentration limite de solubilité C′ du glucinium dans l'aluminium. Par une méthode de calcul graphique, dont le détail sera publié dans un mémoire d'ensemble, nous parvenons, d'après le dépla-

(*) Séance du 30 janvier 1950.

(1) H. Bückle, *Metallforschung* 1-6, 1946, p. 175 à 181; *La Recherche aéronautique*, décembre 1949.

cement de cette frontière, à déterminer, pour toute température de diffusion, la concentration limite de solubilité C', et le coefficient de diffusion D, qui intervient dans l'équation classique adaptée au cas des phases multiples.

Un fragment de tôle en aluminium raffiné à 99,9985 % et un autre d'alliage aluminium-glucinium à 1,06 % Be, préalablement dressés, polis mécaniquement jusqu'à l'émeri 4/0, puis polis électrolytiquement dans le bain acétoperchlorique de Jacquet ([2]), ont été portés à 380° ± 10°, puis soudés au laminoir avec une réduction de section de 80 %, en trois fortes passes. Des éprouvettes ont été découpées, puis maintenues à température constante à ± 1° degré près. Quatre séries d'expériences ont été effectuées à 635°, 600°, 560° et 500° pendant des temps échelonnés entre 1 et 25 jours.

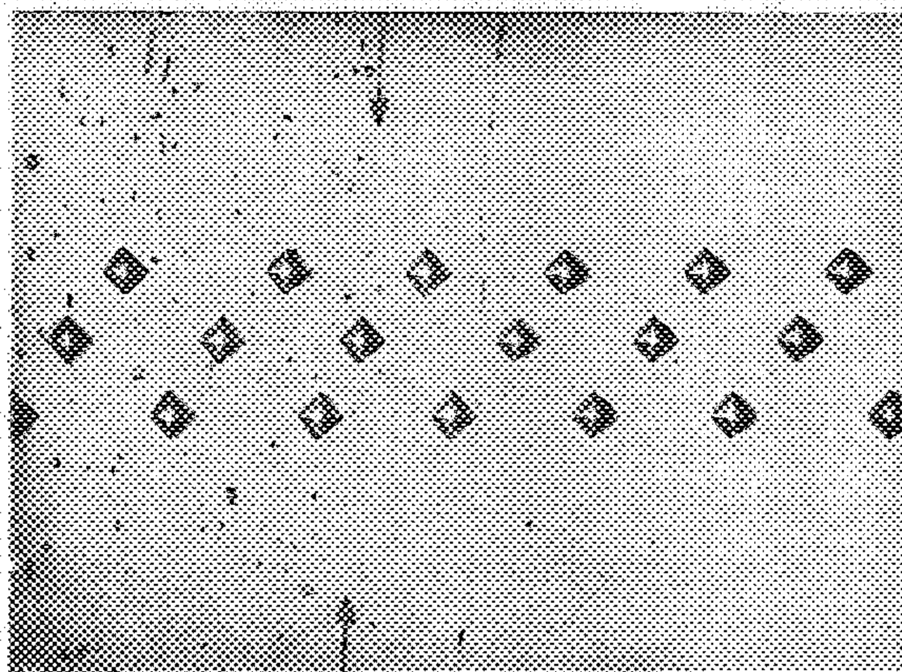


Fig. 1.

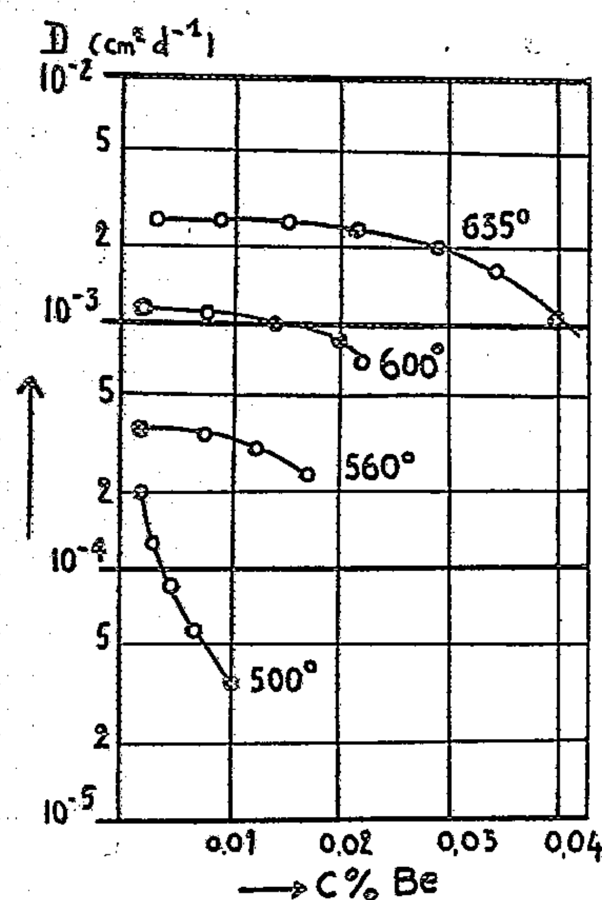


Fig. 2.

Dans tous les cas, la chauffe de diffusion a été arrêtée par immersion dans l'eau froide et suivie d'un revenu de 1 heure à 100°, destiné à créer un état physicochimique bien défini ([3]). De part et d'autre de la frontière, la concentration locale en glucinium a été déterminée par la méthode de la microdureté, au moyen du microscléromètre Hanemann-Vickers à pyramide de diamant (charge 5g,2)([4]) : un tarage préalable avait fourni une relation précise entre la dureté et la concentration en glucinium de la solution solide. La micrographie, d'autre part (*fig.* 1), précise la surface qui borne le domaine de l'agrégat,

([2]) *Le Polissage électrolytique des surfaces métalliques et ses applications*, Saint-Germain-en-Laye 1948.

([3]) J. Calvet, Communication personnelle.

([4]) Schultz-Hanemann, *Zeits. für Metallkunde*, 33/3, 1941, p. 124-144.

c'est-à-dire permet d'en évaluer la distance au plan de soudure, jalonné par des petites inclusions.

L'élaboration des résultats nous a donné, pour la limite C′ de solubilité du glucinium dans l'aluminium, les chiffres ci-dessous, en excellent accord avec des résultats antérieurs ([5]) (*fig.* 2) :

635°–0,047 %	560°–0,019 %
600°–0,029 %	500°–0,012 %

On a obtenu, de même, pour le coefficient de diffusion D, compté en centimètres carrés par jour :

$635°–2,5 + 0,4.10^{-3}$	$560°–3,3 + 0,5.10^{-4}$
$600°–1 \quad + 0,2.10^{-3}$	$500°–5 \quad + 1.10^{-5}$

Les valeurs du coefficient D, obtenues pour ces quatre températures, vérifient sensiblement la loi d'Arrhénius : $D = Ae^{-Q/RT}$, la chaleur d'activation Q étant, en moyenne, 42 000 + 2 000 cal/at-g et Log A égal à 17. Nous avons noté également la variation de la chaleur d'activation avec la concentration.

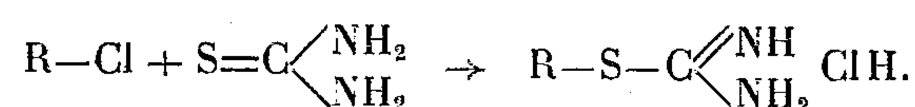
Il est intéressant de rapprocher cette chaleur Q des valeurs trouvées par l'un de nous pour d'autres couples ayant pour base l'aluminium pur ([6]).

Al-Mg — 26 800 cal/at-g	Al-Si — 31 900 cal/at-g
Al-Cu — 41 900 »	Al-Mn — 79 300 »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des thiopyrimidines par les sels d'isothiouronium.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Henri Schmitt**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En vue de réaliser la synthèse de différentes thiopyrimidines, nous avons condensé la thiourée avec les chloropyrimidines correspondantes, utilisant ainsi un procédé déjà décrit en série aliphatique ou hétérocyclique, mais qui n'avait jamais été appliqué aux diazines.

Cette réaction fournit d'abord, avec un excellent rendement (de 64 à 94 %) le chlorhydrate d'isothiouronium suivant l'équation



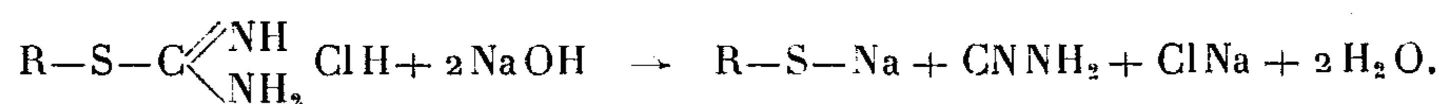
$$R-Cl + S=C\begin{smallmatrix}NH_2\\NH_2\end{smallmatrix} \rightarrow R-S-C\begin{smallmatrix}NH\\NH_2\end{smallmatrix} ClH.$$

On fait réagir autant de molécules de thiourée que la pyrimidine contient d'halogènes à substituer. L'hydrolyse alcaline conduit ensuite à un dérivé

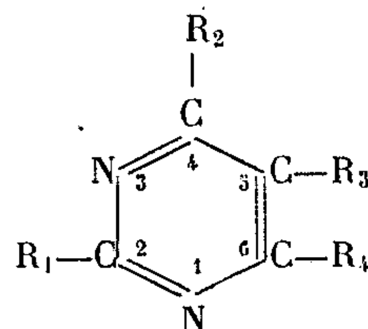
([5]) H. Bückle, *Metallforschung*, 1/1-2, 1946, p. 43-47.

([6]) H. Bückle, *Zeits. für Electrochem.*, 49, 1943, p. 238-242.

thiopyrimidique (Rdt 70 à 90 %).


$$R{-}S{-}C\begin{matrix}{\nearrow}NH\\ {\searrow}NH_2\end{matrix}\,ClH + 2\,NaOH \rightarrow R{-}S{-}Na + CNNH_2 + ClNa + 2\,H_2O.$$

Les composés que nous avons préparés, tous du type



sont constitués par : les chlorydrates de méthylthio-2-méthyl-4-pyrimidyl-6-isothiouronium (I), (F 207°), d'éthylthio-2-méthyl-4-pyrimidyl-6-isothiouronium (II) (F 204°), de diméthyl-2-4-pyrimidyl-6-isothiouronium (III) (F 153°), d'amino-4-nitro-5-méthyl-6-pyrimidyl-2-isothiouronium (IV) (décomp. vers 260°), les dichlorhydrates de méthyl-6-pyrimidyl-2-4-diisothiouronium (V) (décomp. vers 285°), de méthyl-6-nitro-5-pyrimidyl-2-4-diisothiouronium (VI) (décomp. vers 290°), d'amino-2-pyrimidyl-4-6-diisothiouronium (VII) (décomp. vers 200°).

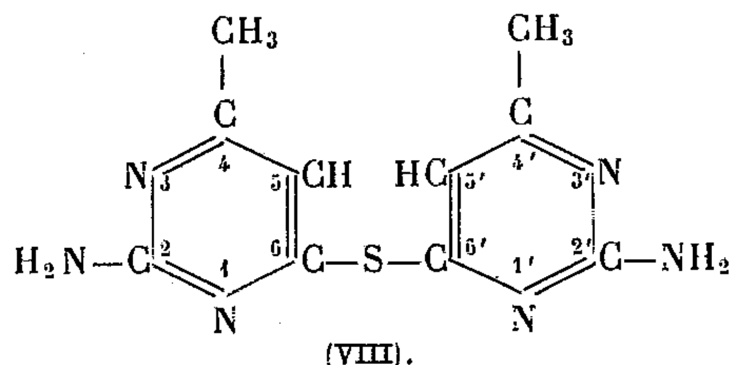
Ils conduisent respectivement aux : méthylthio-2-méthyl-4-thio-6-pyrimidine (F 214°), éthylthio-2-méthyl-4-thio-6-pyrimidine (F 205°), diméthyl-2-4-thio-6-pyrimidine (décomp. vers 200°), thio-2-amino-4-nitro-5-méthyl-6-pyrimidine (décomp. vers 270°), dithio-2-4-méthyl-6-pyrimidine (décomp. vers 240°), dithio-2-4-nitro-5-méthyl-6-pyrimidine (décomp. vers 290°), amino-2-dithio-4-6-pyrimidine (décomp. vers 260°).

Pour préparer ces divers dérivés, on dissout dans l'alcool anhydre la chloropyrimidine et la thiourée en quantité équimoléculaire et l'on maintient la solution à l'ébullition quelques minutes, le liquide se colore en jaune orangé. On obtient, par refroidissement, au bout de 20 à 30 minutes des cristaux de chlorhydrate d'isothiouronium de la pyrimidine correspondante, soit blancs (I et II), soit, le plus souvent, jaunes (III, V, VII) ou oranges (IV, VI). On les essore après vingt-quatre heures. Ces cristaux retiennent une molécule d'eau de cristallisation par groupement isothiouronium, après recristallisation dans l'alcool aqueux.

On hydrolyse le chlorhydrate par la soude N (2 mol. par groupement isothiouronium). On chauffe une heure à reflux, on filtre et la thiopyrimidine précipite par l'acide acétique.

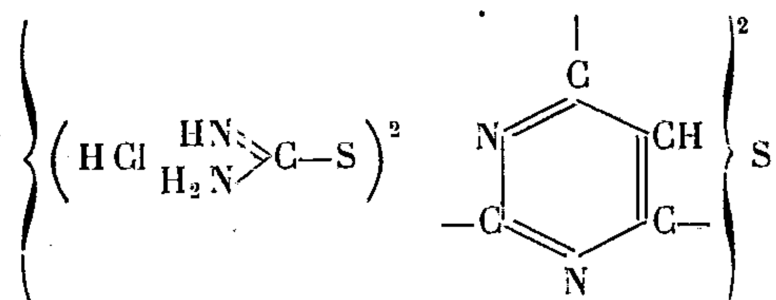
Toutefois, au cours de cette condensation, on remarque dans certains cas, une condensation secondaire entre les groupes isothiouroniums ou les thiols libérés de deux molécules. Ainsi l'action d'une molécule de thiourée sur l'amino-2-chloro-6-méthyl-4-pyrimidine dans l'alcool donne le sulfure 66′ de

bis(amino-2-méthyl-4-pyrimidyle) (VIII) que l'on recristallise dans l'alcool à 70°. (Rdt 60 %; F 224°; N 33,71 %; S 12,98 %; calculé %, N 33,82; S 12,91).



(VIII).

De même trois molécules de thiourée donnent, dans l'alcool à froid, un des trois isomères du dichlorhydrate de sulfure de *bis* (pyrimidyl diisothiouronium) (IX) (Rdt 86 %; ClH 22,89 %; S 25,72 %; Calculé %, ClH 23,10; S 25,31).



L'hydrolyse alcaline de cette substance conduit à un mélange de produits complexes (par condensation de deux ou quatre groupements isothiouroniums ou thiols) dont l'étude en cours est rendue délicate par l'insolubilité des produits d'hydrolyse dans la plupart des solvants.

Notons, enfin, que la condensation de la chloro-2-diamino-4-5-méthyl 6-pyrimidine ou du bromo-5-méthyluracile avec la thiourée ne paraît pas s'effectuer en raison du peu de solubilité de ces corps dans l'alcool et de la faible réactivité de l'atome d'halogène en 2 ou en 5.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques composés hydroxyazoïques dérivés de l'acénaphtène.* Note de M. **Claude Dufour**, présentée par M. Marcel Delépine.

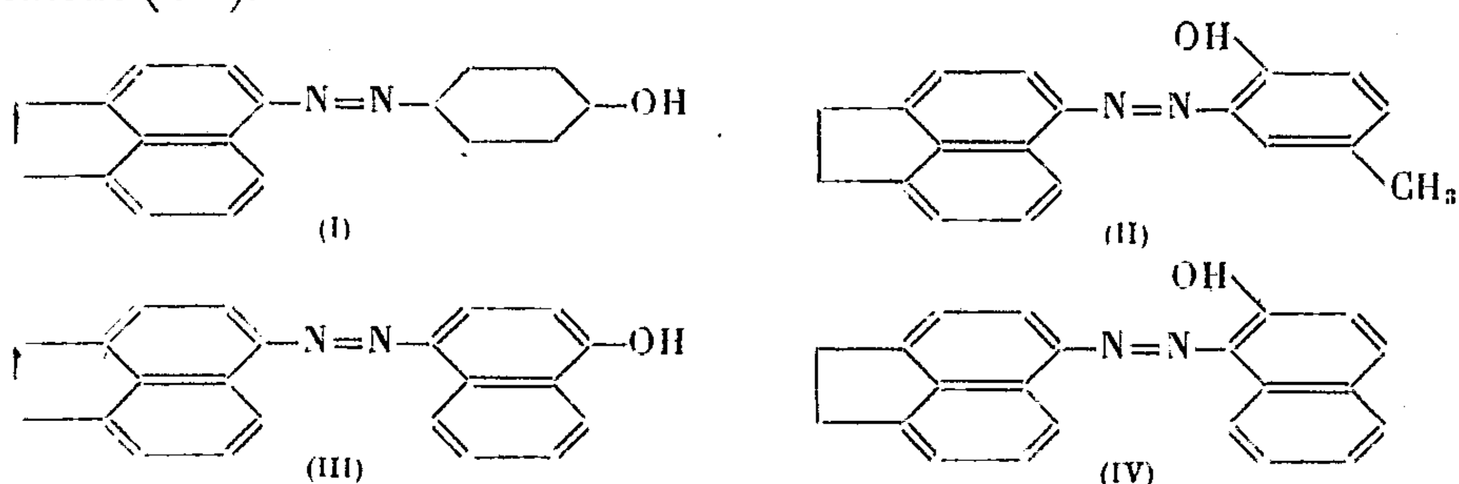
Les composés hydroxyazoïques de la série de l'acénaphtène n'ont été l'objet que de très peu de travaux, puisque, à part le 2-hydroxy-1-acénaphtène-azo-naphtalène (IV) préparé par Sachs et Mosebach (1), il ne semble pas que d'autres dérivés de cette série aient été décrits jusqu'à présent.

Ceci tient sans doute aux difficultés que l'on rencontre pour isoler ces composés à l'état parfaitement pur par suite des grandes proportions de résines qui se forment au cours des réactions conduisant à leur synthèse.

En vue d'une étude spectrale, j'ai préparé le 4-hydroxy-1-acénaphtène-azo-benzène (I), le 2-hydroxy-5-méthyl-1-acénaphtène-azo-benzène (II), le

(1) Sachs et Mosebach, *Ber.*, 44, 1911, p. 2852-2853.

4-hydroxy-1-acénaphtène-azo-naphtalène (III) et le 2-oxy-1-acénaphtène-azo-naphtalène (IV).



Ces composés ont été obtenus par diazotation du 5-amino acénaphtène et copulation du sel de diazonium avec les phénols correspondants.

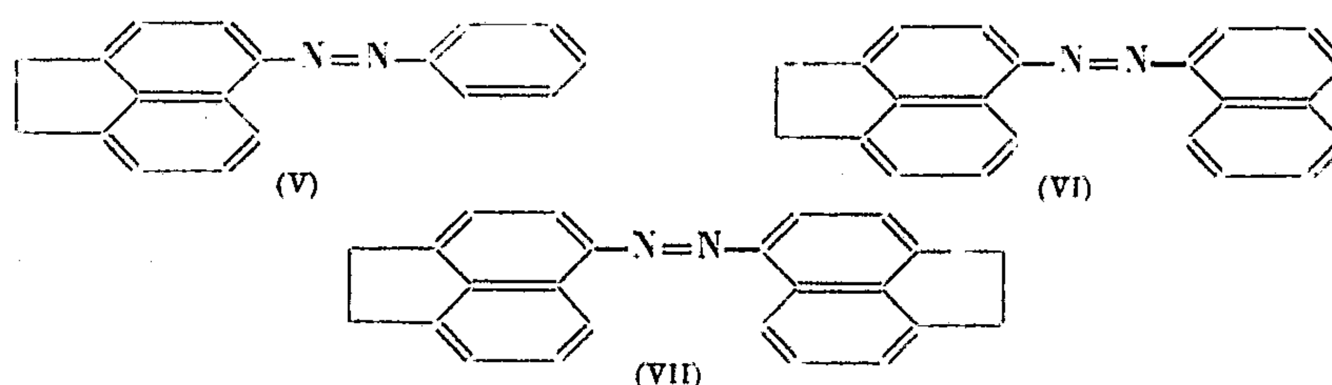
J'ai rencontré des difficultés particulières au cours de la synthèse du composé (I). En effet, si l'on essaye de copuler le chlorure d'acénaphtène diazonium avec du phénate de sodium en solution aqueuse, en présence de carbonate de sodium ou d'acétate de sodium selon les méthodes classiques, on observe la précipitation de produits résineux à partir desquels il est impossible d'isoler un composé défini.

Pour obtenir ce composé il a fallu mettre au point une méthode nouvelle de diazotation et de copulation en solution alcoolique, en présence d'ammoniaque, qui permet d'éviter presque totalement la formation de résines. Le rendement en produit pur atteint 65 % du rendement théorique. Par exemple, on diazote à 0° une solution de 2^g de 5-amino acénaphtène dans 100^{cm^3} d'alcool à 95°, additionnée de 5^{cm^3} d'acide chlorhydrique, avec $0^g,8$ de nitrite de sodium dissous dans 10^{cm^3} d'eau. On verse ensuite dans une solution de 2^g de phénol dans 50^{cm^3} d'alcool, additionnée de 20^{cm^3} d'ammoniaque, en opérant à $-5°$. On filtre aussitôt après et on laisse reposer 24 heures. Le 4-hydroxy-1-acénaphtène-azo-benzène cristallise.

Cette méthode, appliquée à la synthèse des autres dérivés de cette série, permet d'améliorer les rendements dans de fortes proportions.

Les esters acétiques de ces quatre composés ont été préparés par acétylation dans la pyridine.

J'ai aussi effectué la synthèse des azocarbures correspondant aux dérivés (I), (III) et (IV), à savoir le benzène-azo-acénaphtène (V) et le naphtalène-azo-acénaphtène (VI).



Au cours des réactions conduisant à ces deux composés il se forme aussi de l'azoacénaphtène (VII), qui a, par ailleurs, été préparé directement.

Enfin j'ai obtenu par méthylation au sulfate de méthyle, l'éther méthylique du composé (I), le 4-méthoxy-1-acénaphtène-azo-benzène.

Les résultats de l'étude spectrale de ces composés feront l'objet d'une prochaine communication.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES. — *4-hydroxy-1-acénaphtène-azo-benzène* (I). — Cristaux noirs, F 166° (alcool). Solubles dans les solutions de soude.

Dérivé acétylé. — Cristaux orangés, F 127-128° (alcool).

Éther méthylique. — Aiguilles orangées, F 114° (alcool).

2-hydroxy-5-méthyl-1-acénaphtène-azo-benzène (II). — Prismes rouges, F 158° (alcool).

Dérivé acétylé. — Cristaux orangés, F 131° (alcool).

4-hydroxy-1-acénaphtène-azo-naphtalène (III). — Petits cristaux noirs, F 174-175° (benzène).

Dérivé acétylé. — Cristaux orangés, F 157° (cyclohexane).

2-hydroxy-1-acénaphtène-azo-naphtalène (IV). — Aiguilles noires, F 193-194° (benzène).

Dérivé acétylé. — Tablettes rouge-violacé, F 161° (alcool).

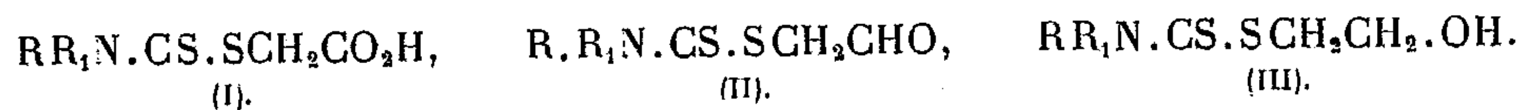
Acénaphtène-azo-benzène (V). — Poudre cristalline brune, F 242° (alcool).

Acénaphtène-azo-naphtalène (VI). — Cristaux rouges, F 137-138° (acétone).

Azoacénaphtène (VII). — Cristaux bruns, F 256° (cyclohexane).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux dérivés de l'acide dithiocarbamique N-disubstitués.* Note de M. **Pierre Chabrier** et Mlle **Germaine Nachmias**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les acides dithiocarbamiques de formule générale $R.R_1N.CS.SH$ donnent facilement des thioéthers par action des halogénures d'alcoyles, comme l'a montré Delépine [1]. Nous nous sommes proposé d'étudier les propriétés des groupements fonctionnels acide (I), aldéhyde (II), alcool (III), appartenant aux substances de formules générales :



$$RR_1N.CS.SCH_2CO_2H, \quad R.R_1N.CS.SCH_2CHO, \quad RR_1N.CS.SCH_2CH_2.OH.$$
(I). (II). (III).

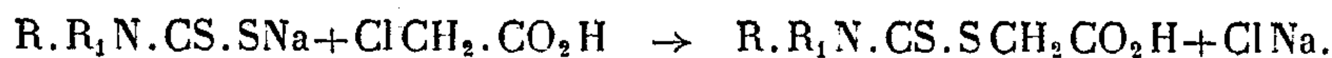
Nous examinerons dans cette note Note quelques propriétés des composés dérivés de la formule (I).

Acides dialcoylthiocarbaminoylthioglycoliques. — Quelques-uns de ces composés ont été décrits récemment par Jensen [2] qui les obtint par action de l'acide monochloracétique sur le sel de sodium de l'acide dithiocarbamique

[1] *Ann. Chim. et Phys.*, 7e série, 29, 1903, p. 94.

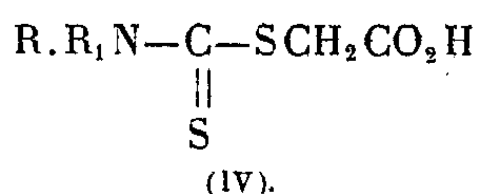
[2] *J. prakt. Chem.*, 159, 1941, p. 189.

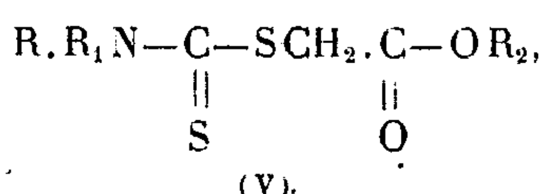
N-disubstitué on a



$$R.R_1N.CS.SNa+ClCH_2.CO_2H \rightarrow R.R_1N.CS.SCH_2CO_2H+ClNa.$$

Ces substances peuvent être considérées comme des thioesters glycoliques (IV). Nous nous sommes proposé d'une part d'obtenir par estérification directe les esters glycoliques correspondants (V), d'autre part de déterminer en regard de quelques réactions classiques des esters quel groupement, thioester ou ester, était affecté en premier lieu :

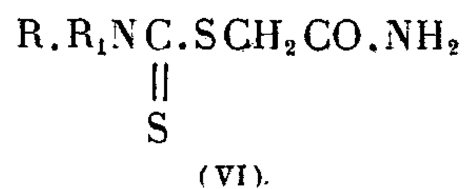


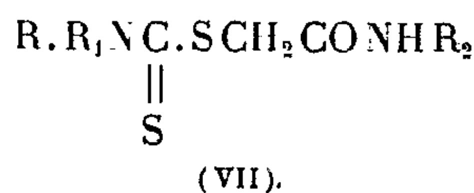


Esters dialcoylthiocarbaminoylthioglycoliques. — *a. Préparation.* — Si l'on chauffe à l'ébullition durant 3 heures environ un acide dialcoylthiocarbaminoylthioglycolique, en solution alcoolique renfermant 5 % d'acide sulfurique, on obtient l'ester correspondant (V) avec des rendements de l'ordre de 75 % de la théorie. Cette méthode convient bien pour la préparation des esters méthylique et éthylique. Dans le cas d'alcool supérieur, butylique N par exemple, il n'est pas nécessaire d'ajouter de l'acide sulfurique au milieu réactionnel, il suffit d'éliminer l'eau par distillation au fur et à mesure de sa formation.

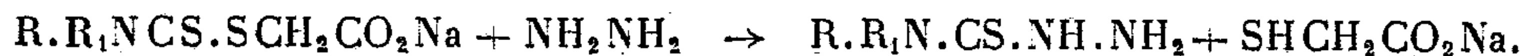
b. Propriétés. — Ce sont des substances cristallisées fondant plus bas que l'acide générateur, insolubles dans l'eau, solubles dans les solvants organiques usuels à l'exception de l'éther de pétrole.

Action de l'ammoniaque et des amines. — Si l'on porte vers 60°, quelques minutes, une suspension d'esters dans une solution aqueuse concentrée d'ammoniaque ou d'amines primaires, l'ester passe en solution et l'amide formé (VI) et (VII) cristallise par refroidissement. Dans les mêmes conditions, les amines secondaires ne réagissent pas





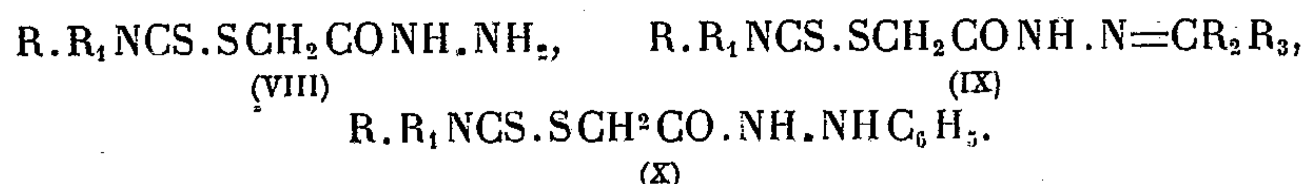
Action de l'hydrazine et de la phénylhydrazine. — Jensen [2] par action prolongée à chaud de l'hydrazine sur les sels de sodium des acides dialcoylthiocarbaminoylthioglycoliques obtint les dialcoyl 4.4-thiosemicarbazides formées selon l'équation



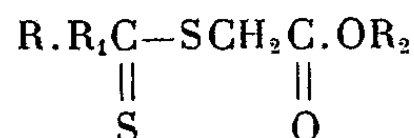
$$R.R_1NCS.SCH_2CO_2Na + NH_2NH_2 \rightarrow R.R_1N.CS.NH.NH_2 + SHCH_2CO_2Na.$$

Nous avons pu, par action à froid de l'hydrazine en milieu alcoolique sur les esters dialcoylthiocarbaminoylthioglycoliques, obtenir les hydrazides correspondantes (VIII) sans qu'il y ait destruction importante de la molécule selon

l'équation de Jensen, qui ne s'effectue assez lentement qu'à chaud. Ces hydrazides se combinent aisément aux aldéhydes et aux cétones pour donner les hydrazones (IX). Dans les mêmes conditions que l'hydrazine, la phénylhydrazine donne les phénylhydrazides correspondantes :



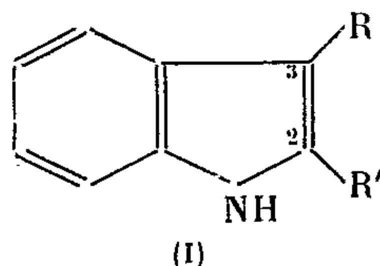
En résumé, les acides dialcoylthiocarbaminoylthioglycoliques donnent facilement des esters par voie directe; dans ces composés de la forme



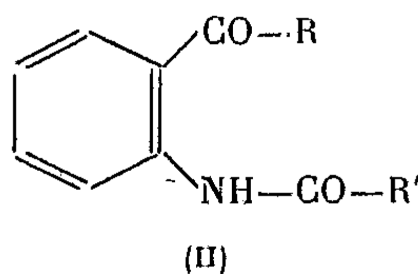
la fonction *ester* réagit avant la fonction *thioester* vis-à-vis des agents d'amidification (ammoniaque, amines, hydrazine).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention de dérivés de l'anthranile et d'acides anthraniliques substitués par ozonation de certains aryl-2-indols*. Note (*) de MM. **Yvan Berguer**, **Darius Molho** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours d'une récente Communication (¹) nous avons montré que le comportement des indols (I) vis-à-vis de l'ozone varie en fonction de la structure des substituants R et R'. Quand ces substituants sont tous les deux de nature aromatique (par exemple $R{=}R'{=}C_6H_5$), les produits formés sont des dérivés de l'amino-2-benzophénone (II).



(I)



(II)

La présence d'un radical aliphatique en position 3 permet dans certains cas d'aboutir à des ozonides relativement stables et bien cristallisés (²). L'objet de

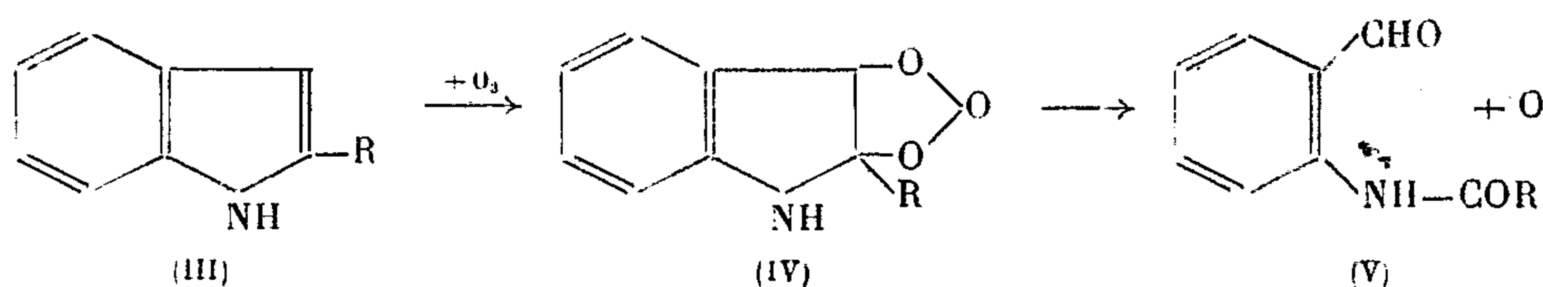
(*) Séance du 13 février 1950.

(¹) C. Mentzer, D. Molho et Y. Berguer, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1237-1239.

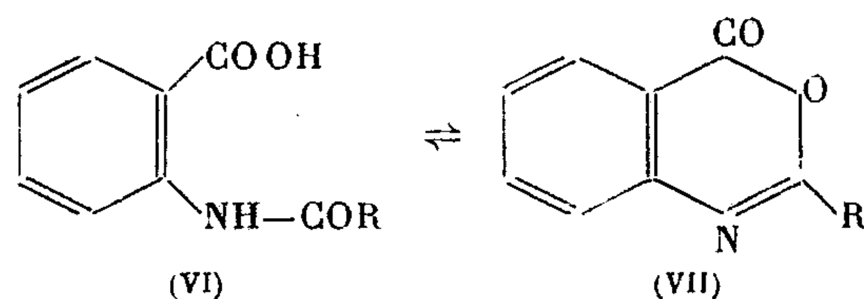
(²) Au moment de la rédaction de notre dernière Note (¹), le travail de P. Karrer et Enslin (³) sur l'ozonation de la corynanthyrine n'était pas encore parvenu à notre connaissance. L'ozonide obtenu par les auteurs suisses dérive d'un indol substitué en position 3 par un reste pyridinique.

(³) *Helv. Chim. acta*, 32, 1949, p. 1390 à 1402.

la présente Note concerne plus spécialement les aryl-2-indols non substitués en position 3, qui se comportent souvent d'une façon particulière vis-à-vis de l'oxygène ozonisé. D'après les faits jusqu'ici observés, de tels indols devraient se dégrader conformément au mécanisme suivant :



Partant de l'indol ordinaire et du méthyl-2-indol, Witkop ([4]) a effectivement pu préparer l'*o*-formamino et l'*o*-acétamino-benzaldéhyde, mais n'a réussi à isoler ni les ozonides correspondants, ni d'autres composés cristallisables. Nos propres expériences ont porté sur le phényl-2-indol, le phényl-2-méthyl-6-indol et le phényl-2-méthyl-5-indol. En partant de ces divers composés, nous n'avons pas non plus obtenu d'ozonides (IV). Par contre, en plus des aldéhydes du type (V) qui sont les produits normaux de la réaction, il nous a été possible d'isoler des acides (VI) et des dérivés de l'anthranile (VII). Ces derniers peuvent être hydrolysés en acides (VI) par action des agents alcalins à chaud, et inversement les déshydratants comme l'anhydride acétique permettent le passage de (VI) à (VII).



La formation des acides (VI) s'explique aisément par une oxydation ultérieure des aldéhydes sous l'influence de l'oxygène provenant des ozonides particulièrement instables dans ce cas. Quant aux anthraniles, ils peuvent naître directement des ozonides par perte d'une molécule d'eau, mais la preuve d'un tel mécanisme n'a pas encore été établie d'une façon certaine. En tout cas, grâce aux faits précédents, il est possible de fixer un COOH sur les amines aromatiques en ortho par rapport au groupement NH_2. Les indols intermédiaires nécessaires pour atteindre ce but sont facilement accessibles par action de la bromacétophénone sur les amines en question, conformément au procédé bien connu de Nencki et Berlinerblau ([5]).

Partie expérimentale. — *Phényl-2-méthyl-6-indol*, $C_{15}H_{13}N$; F 192° ; N calculé 6,7 %, N trouvé 6,9 %, donne par ozonation : *a.* de l'*acide N-benzoyl, méthyl-4-anthranilique*,

([4]) *Ann.*, 556, 1944, p. 103-114.

([5]) *Fortschr. der Teerfarbenfabrikation*, 1, 1886, p. 150.

$C_{15}H_{13}O_3N$; F 201°; N calculé 5,4%; N trouvé 5,6%; *b.* du *benzoyl-2-méthyl-7-anthranile*, $C_{15}H_{11}O_2N$, cristaux incolores très peu solubles dans l'éther; F 195°; C calculé 75,9%; C trouvé 75,3%; H calculé 4,6%; H trouvé 4,44%; *c.* du *benzoyl-amino-2-méthyl-4-benzaldéhyde*, $C_{15}H_{13}O_2N$, cristaux incolores solubles dans l'éther; F 130°; C calculé 75,3%; C trouvé 74,7%; H calculé 5,41%; H trouvé 5,24%. D'une façon analogue, le *phényl-2-indol* aboutit à l'*acide benzoyl-anthranilique*, au *benzoyl-amino-2-benzaldéhyde*, et au *benzoyl-2-anthranile* (corps déjà décrits dans les publications). Le *phényl-2-méthyl-5-indol*, $C_{15}H_{13}N$, F 212°, soumis à l'action de l'ozone, a donné naissance au *benzoylamino-2-méthyl-5 benzaldéhyde*, $C_{15}H_{13}O_2N$, F 104° et à l'*acide N benzoyl méthyl-5 anthranilique*, $C_{15}H_{13}O_3N$, F 205°. L'anthranile correspondant n'a pas pu être isolé dans ce cas, mais a été préparé par action de l'anhydride acétique sur l'acide précédent; il répond à la structure $C_{15}H_{11}O_2N$, F 140°. Une description plus détaillée de ces diverses substances sera publiée prochainement au Bulletin de la Société chimique de France.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La diphényl-2.2 indanone-1.*

Note (*) de M. **Michel Vaillant**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Ayant besoin pour des recherches en cours de la diphényl-2.2 indanone-1 (I), je l'ai obtenue par cyclisation de l'acide triphényl-α.α.β propionique. L'emploi d'acide sulfurique, qui agit sur l'acide libre et sur l'ester benzylique, exige malheureusement des conditions opératoires trop étroites. Il vaut mieux utiliser l'action du chlorure d'aluminium sur le chlorure d'acide. A la température ambiante, dans le benzène, les rendements sont excellents si l'on pousse assez la réaction, pour ne pas laisser inattaqué un excès de chlorure d'acide, d'hydrolyse difficile, sans aller jusqu'à une résinification notable : la durée convenable de la réaction varie avec la quantité de matière traitée. Cette cétone se présente en tablettes carrées incolores ($C_{21}H_{16}O$; F_{inst} 95-96°); elle est très stable et, en particulier, résiste sans altération à la distillation sous pression normale (É 260°).

Vu les difficultés qu'offre cette préparation, je n'avais pas été surpris que Schlenk, l'ayant essayée ([1]), n'en ait pu tirer qu'une huile incristallisable et j'aurais supposé qu'il avait obtenu le produit cherché si une grave divergence n'était apparue entre ses résultats et les miens dans l'action du réactif de Grignard. Schlenk traite directement ce mélange huileux par le bromure de phénylmagnésium et annonce comme résultat le triphényl-1.2.2 indanol-1 (VI) fondant à 172-173°. Or, ma cétone, soumise à la même opération, donne un carbinol différent, dont la composition centésimale et le titre en H mobile sont ceux du triphénylindanol (VI) [$C_{27}H_{22}O$; fusion lente, ou bien instantanée (bloc Maquenne), = 133-134°]. Ce ne peut pas être le composé de Schlenk : l'écart des points de fusion atteint 39° et il n'est dû ni à une solvatation, ni à

(*) Séance du 6 février 1950.

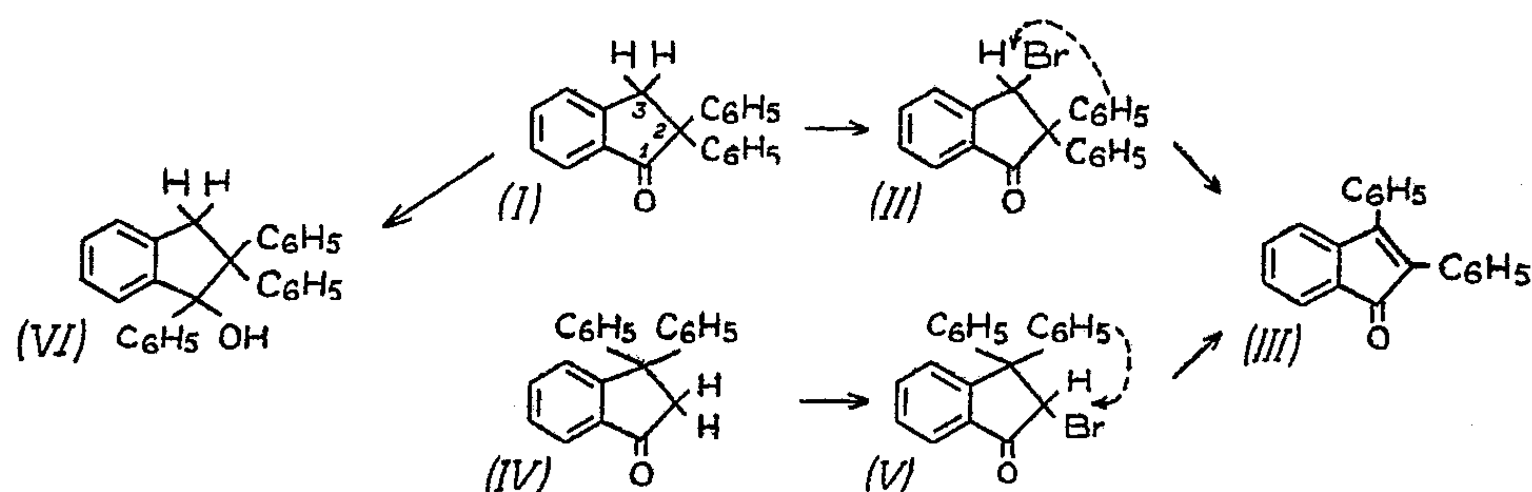
([1]) W. Schlenk et E. Bergmann, A. 463, 1928, p. 260.

une transformation polymorphique d'un même composé, puisque les fusions lente et instantanée du corps à bas point de fusion sont identiques.

Comme la formule (I) de l'indanone en cause ne comporte pas d'isomérie, pas plus d'ailleurs que la formule (VI) du phénylindanol correspondant, il n'était pas acceptable de passer outre à cette discordance. Aussi ai-je effectué, tout d'abord, des essais nombreux et variés, tous restés infructueux, pour déceler l'existence d'un autre corps, soit intermédiaire, ou soit, inversement, produit de transformation de ma cétone, aussi bien que de son dérivé phénylé.

Cette tentative d'explication du désaccord ayant échoué, il m'incombait d'établir, par une autre voie que le mode de synthèse, l'exactitude de la constitution (I) attribuée à ma cétone cristallisée. L'examen de cette formule (I), avec sa paire de phényles géminés encadrée par deux carbones secondaires, suggère l'éventualité de transpositions. Celles-ci m'avaient même donné quelques craintes au cours de la synthèse et peut-être sont-elles au fond du présent débat. Je me suis demandé si elles ne me permettraient pas de régler ce problème de constitution. Par chance, la démonstration pouvait s'étayer d'un exemple très probant, celui d'un isomère (IV), dont la transposition a fait antérieurement l'objet d'une étude spéciale. Moureu, Dufraisse et Baylocq ([2]), en effet, ont montré que le dérivé monobromé au sommet 2 (V), perdait HBr par chauffage et se réarrangeait pour la totalité en diphényl-2,3 indone-1 (III).

Parallèlement, on voit que l'indanone (I), dans des conditions analogues, devait fournir la même diphénylindone (III), mais par un déplacement du phé-



nyle en sens opposé. A cet effet, j'ai préparé le dérivé monobromé (II) ($C_{21}H_{15}OBr$; F_{inst} 153°-154°) par action de la bromosuccinimide en présence de peroxyde de benzoyle. La pyrolyse de ce bromure (II) élimine HBr et fournit à peu près quantitativement la diphénylindone (III) attendue, que l'on a authentifiée par ses caractères propres et par l'épreuve du mélange avec un échantillon connu (prismes rubis; $F_{bain\ acide}$ 152°-153°).

En conséquence, la diphényl-2.2 indanone-1 n'avait pas été entrevue jusqu'ici, pas plus que le triphényl-1.2.2 indanol-1 qui en dérive par phénylation.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 1374.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Synthèse et groupes d'espace des boroferrites*, Note de MM. **Félix Bertaut, Louis Bochirol** et **Pierre Blum**, transmise par M. Charles Mauguin.

Le boroferrite ferreux de formule Fe_2O_3, B_2O_3, $4\,FeO$ a été préparé pour la première fois par L. Andrieux et G. Weiss ([1]) au moyen d'un procédé d'électrolyse ignée. R. Chevalier, S. Mathieu et S. Girard ([2]) ont signalé une autre méthode de préparation, soit par réduction de Fe_2O_3, soit par oxydation de Fe en milieu boracique. D'après leurs mesures, les cristaux sont orthorhombiques :

$$a:b:c = 0{,}772:1:0{,}441 \quad \text{et} \quad \alpha = mm = 104^\circ 40' \ ([3]).$$

Dans cette Note nous décrivons la synthèse d'autres boroferrites, nous montrons l'existence de deux séries chimiques distinctes et nous donnons leurs constantes de réseau et groupes d'espace.

Des boroferrites de formule A,4MO où A = Fe_2O_3, B_2O_3 et M = Ni, Co, Cu ont été préparés par dissolution des oxydes en milieu boracique alcalin, suivie d'un refroidissement lent. Après reprise du bain à l'acide nitrique on isole de belles aiguilles cristallines atteignant jusqu'à 10^{mm} de longueur et d'un aspect analogue aux aiguilles prismatiques de A,4FeO. La symétrie du réseau révélée par des diagrammes Laue est *mmm*. Des clichés de cristaux tournant (autour de [001] et [210]) ont permis de préciser les translations *a*, *b*, *c* et le volume *v* de la maille (tableau I). Les densités *d* et angles α ([3]) calculés coïncident aux erreurs d'expérience près avec les valeurs observées. La maille contient Z = 2 mol. A,4MO. Les extinctions — *hol* n'existe qu'avec *h* pair, o*kl* avec *k* pair, *hk*o tous les ordres — sont caractéristiques du groupe D_{2h}^9 — P*bam* (holoédrique).

TABLEAU I.

Fe_2O_3, B_2O_3, 4MO ; Z = 2 ; D_{2h}^9 — Pbam.

M.	*a*.	*b*.	*c*.	*v*.	α.	*d*.	*a*:*b*:*c*.
Fe...	9,44 A	12,26	3,065	354,7	104° 49'	4,808	0,7700:1:0,2500
Co...	9,35	12,28	3,03	348,7	105 27	5,018	0,7611:1:0,2466
Ni...	9,248	12,26	3,01	341,3	105 56	5,107	0,7543:1:0,2456
Cu...	9,397	12,02	3,13	353,5	103 56	5,112	0,7819:1:0,2604

Par dissolution de MgO et Fe_2O_3 en milieu boracique nous avons obtenu un boroferrite de Mg en aiguilles orthorhombiques ([4]). Les mesures optiques ($\alpha = 91^\circ$) et aux rayons X montrent que le volume *v* de la maille est trop petit

---

([1]) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 615.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 611.

([3]) α est l'angle entre les plans [110].

([4]) Nous pensons que ce corps est identique à la ludwigite.

pour qu'on puisse assigner au boroferrite de Mg une formule en $4MgO$. La valeur de v cadre par contre bien avec une formule A, $2MgO$. L'analyse chimique a pleinement vérifié ce point. La maille contient $Z = 2$ mol. A, $2MgO$. Les extinctions — $h0l$ n'existe qu'avec h pair, $0kl$ avec $k+l$ pair, $hk0$ tous les ordres — sont caractéristiques du groupe D_{2h}^{16} — P*nam*. En milieu boracique acide le composé analogue A, $2CoO$ se forme en lamelles minces, à contours irréguliers, limitées par des plans [100] et striées suivant l'axe c. Nous avons préparé les homologues A, $2MO$ ($M = Mg, Fe, Co, Ni$) à l'état de poudres en chauffant les oxydes en quantité calculée vers 900°C dans un tube en quartz. Leurs constantes de réseau relevées sur des diagrammes Debye-Scherrer sont résumées dans le tableau II. Les boroferrites en $4MO$ peuvent également s'obtenir par synthèse directe.

TABLEAU II.

Fe_2O_3, B_2O_3, $2MO$; $Z = 2$; D_{2h}^{16} — Pnam.

M.	a.	b.	c.	v.	α.	d.	a:b:c.
Mg..	9,258	9,427	3,104	270,9	91° 2'	3,776	0,9821:1:0,3293
Fe...	9,243	9,468	3,158	276,4	90 43	4,454	0,9763:1:0,3336
Co...	9,243	9,39	3,135	272,1	90 54	4,600	0,9843:1:0,3338
Ni...	9,141	9,351	3,047	260,4	91 18	4,799	0,9775:1:0,3258

Nous n'avons pas réussi à réaliser la synthèse de A, $4MgO$, A, $2CuO$ et A, $nZnO$. L'échec de préparation de A, $4MgO$ peut être dû à la trop grande alcalinité des $4MgO$ que l'acidité de $A = Fe_2O_3$, B_2O_3 ne peut contrebalancer. Dans nos essais de préparation de A, $2CuO$ nous avons toujours obtenu des mélanges de A, $4CuO$ et $\alpha-Fe_2O_3$ au-dessous de 1000°. Au-dessus de 1000°C, CuO se décompose au sein de la combinaison et le produit obtenu finalement est Fe_2O_3, Cu_2O [rhomboédrique (5)].

Les substances décrites sont paramagnétiques à la température ordinaire. La substitution d'autres sesquioxydes à Fe_2O_3 est actuellement à l'étude. La structure des boroferrites sera publiée prochainement.

GÉOLOGIE. — *Sur de récentes observations intéressant la géologie des Iles Kerguelen.* Note de M. **Edgar Aubert de la Rüe**, présentée par M. Paul Fallot.

Invité à participer à la *Mission des Iles Kerguelen*, que dirige actuellement M. P. Sicaud, j'ai pu séjourner dans l'archipel du 11-12-49 au 16-1-50 et recueillir quelques précisions nouvelles sur sa géologie.

(5) W. Soller et A. J. Thompson, *Bull. Am. Phys. Soc.*, 10, 1935, p. 17, et Strukturber, 3, p. 392.

Dans le Nord, l'îlot Réunion, le plus septentrional du groupe, inabordable mais que j'ai pu longer d'assez près, m'a semblé non pas basaltique comme les terres voisines, mais formé d'une roche intrusive grenue, peut-être syénitique. Le mont Richards, dans le Nord de la grande île, est indiscutablement un volcan éteint, assez récent, sur la face orientale duquel s'ouvre un grand cratère qu'occupe entièrement un glacier très crevassé. Plus au Sud, l'*icefield*, improprement désigné du nom de *Grande Arête de Glace*, n'a pas sur toute sa longueur l'allure tabulaire que l'on supposait, mais s'étend sur des reliefs assez ondulés dus à l'érosion d'un haut-plateau basaltique. A l'Est, quelques escarpements libres de glace permettent en effet d'apercevoir les entablements de coulées.

De nombreuse reconnaissances dans l'intérieur m'ont permis d'étendre plus particulièrement mes recherches à la partie méridionale peu connue de la péninsule Courbet, le Nord ayant été étudié par Th. Studer, de l'expédition de la *Gazelle* ([1]).

Un grand massif, profondément érodé, avec des reliefs déchiquetés atteignant 1 000^m, occupe tout l'Ouest de la péninsule. L'ensemble résulte essentiellement de l'empilement de nappes basaltiques très monotones, d'origine fissurale. Des intercalations de produits de projection, particulièrement abondants immédiatement à l'Ouest du mont du Château, montrent que les phénomènes explosifs ont cependant joué localement un certain rôle. Des dykes verticaux, de nature apparemment balsatique, demeurés, les uns en saillie et formant de hautes murailles (vallée de la rivière du Château), les autres érodés et se signalant par de profonds sillons, se remarquent au mont Werth, au pied du versant oriental du mont Crozier et au Château.

Th. Studer découvrit, en 1874, une diorite micacée erratique au Nord-Est du mont Crozier. J'ai retrouvé une roche semblable et d'autres types grenus allant des syénites aux gabbros, également micacés, très largement représentés dans les moraines étalées à la surface des parties basses, plus méridionales, de la péninsule Courbet, entre l'Anse de l'Aurore australe et la baie Norvégienne. Je n'ai pu observer ces roches en place, mais leur fréquence à l'état de blocs roulés dans la profonde vallée débutant au Nord-Ouest du Château, passant près de l'extrémité sud du lac Studer pour aboutir à la pointe de l'Épave, indique que leurs affleurements doivent se situer vers la tête de celle-ci. Il n'est pas impossible que ces roches grenues soient intrusives dans la série basaltique miocène, comme j'en ai émis jadis l'hypothèse pour les roches identiques du Sud-Ouest de l'archipel ([2]).

La grande plaine du Sud-Est de la péninsule Courbet est, en partie, occupée

---

([1]) *Zeitsch. der Deutsch. Gesellsch*, **30**, 1878, p. 327-350.

([2]) *Géogr. Phys. et de Géol. Dyn.*, vol. V, fasc. 1 et 2, 1932, p. 85.

par des successions de drumlins typiques, allongés Ouest-Nord-Ouest-Est-Sud-Est dans le sens d'où progressait localement la calotte de glace pléistocène. Au Sud, ces drumlins ont été remaniés par la mer et leurs éléments forment maintenant des étendues basses et plates de cailloutis, plus ou moins cohérents par places, ayant été cimentés par de l'hydroxyde de fer.

Ces dépôts d'origine glaciaire s'appuient sur un socle basaltique visible en quelques points du littoral (Port-aux-Français sur le golfe du Morbihan, Pointe Morne à l'entrée Nord de la baie Norvégienne) et affleurant çà et là sous forme de buttes isolées. Le mont Bungay (68^{m}), témoin de coulées, dont la silhouette évoque un petit cône volcanique, est l'une des plus notables d'entre elles.

La presqu'île du Prince-de-Galles, que les formations détritiques parsemées d'étangs relient au reste de la péninsule, est un promontoire édifié par des basaltes tabulaires, d'où émergent plusieurs pitons phonolitiques plus anciens. Ils semblent contemporains des volcans trachytiques et phonolitiques formant les sommets marquants de la péninsule Poincaré, située immédiatement au Sud du golfe du Morbihan.

Aucune substance minérale utile n'a été observée. La fréquence de la chabasie dans les basaltes vacuolaires du massif du Crozier et des reliefs voisins est à signaler, de même que l'existence de grosses masses de superbes cristaux bacillaires et radiés d'aragonite mauve et limpide, dans les basaltes de l'île Antares (Golfe du Morbihan).

Les phénomènes de solifluxion ont une grande ampleur, mais ne sont pas liés à la présence d'un sous-sol gelé en permanence, qui fait totalement défaut, du moins aux basses altitudes.

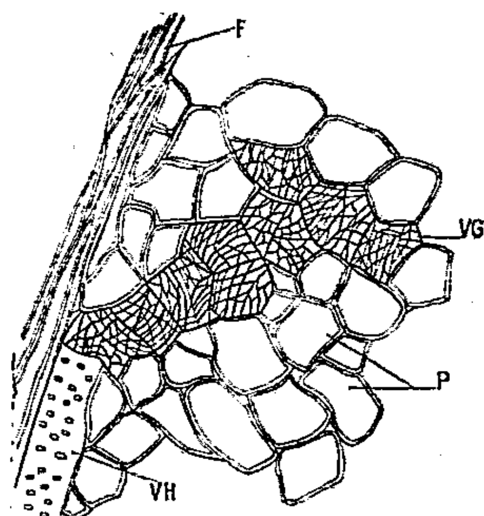
Conclusion. — Le secteur Ouest, montagneux, de la péninsule Courbet montre une extension considérable de basaltes fissuraux, accompagnés de roches intrusives grenues allant des syénites aux gabbros. Les plaines s'étendant au Sud sont occupées par une grande zone de drumlins orientés Ouest-Nord-Ouest-Est-Sud-Est.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le passage des colorants entre le Gui et son hôte.* Note (*) de M. **Jean Launay**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le Gui est classiquement considéré comme un hémiparasite, empruntant seulement à son hôte de l'eau et des sels minéraux. Cette opinion se fonde uniquement sur la présence de chlorophylle dans l'appareil végétatif aérien et sur l'absence de différenciations analogues à celles que l'on observe dans les suçoirs de parasites dépourvus de ce pigment. La coupe d'un suçoir de

(*) Séance du 13 février 1950.

Gui (*fig.*) montre que la jonction entre l'hôte et le parasite est seulement assurée par des pseudo-vaisseaux, formés d'éléments cellulaires, non allongés,



Coupe d'un suçoir de Gui : F, fibres du bois de l'hôte; VH, vaisseau ponctué de l'hôte; VG, vaisseau imparfait du Gui; P, parenchyme du suçoir.

pourvus d'épaississements lignifiés en réseau avec des branches maîtresses grossièrement parallèles par endroits et qui sont placés à la suite les uns des autres en ligne plus ou moins brisée. Ces éléments, ainsi groupés par trois à dix, dans l'échantillon étudié, forment les zones de jonction des vaisseaux de l'arbre, dans le cas présent un Peuplier noir, aux cellules du suçoir. Celles-ci sont des cellules parenchymateuses à paroi cellulosique assez fortement épaissie. Il était intéressant de s'assurer du rôle des cellules à épaississements lignifiés en utilisant des colorants, tels que l'éosine ou la fluorescéine, comme Schumacher l'a fait pour la Cuscute (1934). La pénétration des colorants pouvait être réalisée dans les deux sens, soit de l'hôte vers le Gui, soit du Gui vers l'hôte.

Pour étudier le premier cas, la branche portant le parasite, séparée du tronc et défeuillée, a été percée avec une vrille à deux ou trois centimètres du suçoir principal, de façon à réaliser une cavité dans laquelle fût introduite une petite quantité d'une solution peu concentrée, soit d'éosine, soit de fluorescéine; la cavité ainsi remplie a été ensuite refermée par un enduit de paraffine. Au bout de quelques jours, des coupes ont été pratiquées dans le suçoir correspondant à un endroit tel que le colorant ait atteint le suçoir par la voie des vaisseaux de l'arbre et non par diffusion au voisinage de la partie inondée. La circulation du colorant dans la branche se suit à l'œil nu sur les coupes. Au microscope, on voit que les gros vaisseaux de l'hôte sont effectivement injectés par le colorant qui a circulé du point d'inoculation jusqu'au suçoir. On retrouve dans celui-ci la trace du passage du colorant, mais seulement au niveau des sortes de vaisseaux imparfaits, préalablement signalés, qui sont entièrement injectés de colorant. Aucune différence n'a pu être décelée entre la vitesse de circulation

de la fluorescéine et celle de l'éosine. Bien que ces deux colorants soient voisins au point de vue chimique, cela peut indiquer que la nature du colorant intervient peu.

C'est aux points où le transit était le plus actif, au niveau des vaisseaux fonctionnels du Peuplier, qu'ont pu se différencier, sous l'influence du courant liquide, les chaînes vasculaires en question. Au fur et à mesure que le Gui devient plus âgé, le suçoir s'épaissit, en même temps que des couches annuelles de bois s'ajoutent et de nouveaux éléments vasculaires se forment dans le suçoir. Aussi les gros suçoirs sont-ils plus abondamment pourvus que les jeunes.

En sens inverse, la circulation du colorant a pu être étudiée par le dispositif très simple suivant : défeuillant la branche qui porte le parasite, on a sectionné la touffe de Gui à la base en laissant seulement une longueur suffisante de l'appareil aérien pour que, retournant l'ensemble détaché du tronc, on puisse immerger la section du suçoir dans une solution d'éosine ou de fluorescéine. Quelques jours après, des coupes faites dans le suçoir au niveau du contact entre l'hôte et le parasite, dans la branche, ont montré ici encore l'injection dans les mêmes files de cellules réticulées. En faisant des coupes de plus en plus rapprochées de la mise en train de l'expérience, on a pu noter que la pénétration semble être plus rapide dans ce sens que dans l'autre, comme si le transit dans le suçoir du Gui rencontrait moins de difficultés que dans le bois de l'hôte.

D'autres essais faits avec des solutions de sels minéraux, succeptibles de donner des réactions visibles avec des réactifs convenables, ont confirmé ces déductions. Le chlorure de baryum, le nitrate de sodium, les sels de fer ou de cuivre utilisent la même voie que les colorants organiques. Malheureusement, la toxicité de certains de ces sels, qui tuent rapidement les cellules, même en solution diluée, constitue une difficulté sérieuse et éloigne par trop des conditions de circulation des substances minérales dans le fonctionnement naturel. La concentration doit être suffisante pour que les réactions soient nettes, sans léser les cellules du suçoir, notamment avant que les substances employées aient atteint la zone de liaison.

On n'observe pas dans les suçoirs de Gui des différenciations comme celles qu'ont trouvées les auteurs dans les suçoirs des holoparasites, au niveau du liber.

C'est surtout le ravitaillement en eau qui, pour cette espèce, paraît être le facteur limitant physiologique, ce que confirment la forte lignification, notamment l'existence de paquets de fibres très abondants dans le tronc du Gui, et l'épaisseur de sa cuticule, jointe à la rareté des stomates.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du lait de Coco sur la croissance des tissus de Crown-Gall de Scorsonère cultivés* in vitro. Note de M. **Louis Duhamet**, présentée par M. Joseph Magrou.

Nous avons récemment montré que le lait de Coco stimule considérablement la prolifération des cultures de tissus de Topinambour (1) et de Vigne-vierge (*Parthenocissus tricuspidata*) (2). Étant donné que ces deux tissus sont incapables de s'accroître sans hétéro-auxine et sont très sensibles à l'action excito-formatrice des substances de ce type (3) (4), nous avons pensé que nos résultats pourraient être interprétés en admettant l'existence dans le lait de Coco d'un facteur analogue aux auxines mais plus actif.

En vue de vérifier cette hypothèse, nous avons fait agir du lait de Coco sur des tissus de Crown-Gall de Scorsonère qui sont capables de croître en l'absence d'hétéro-auxines et qui sont insensibles aux effets stimulants de ces substances ainsi que l'ont montré les recherches de Gautheret (5).

Les milieux utilisés dans ces expériences étaient constitués par de la solution de Knop diluée de moitié, additionnée de gélose (1,3 %), de glucose (5 %), de chlorhydrate de cystéine (10^{-5}), d'aneurine (10^{-6}) et dans certains cas de diverses doses de lait de Coco : (0,01 ; 0,1 ; 1 ; 2 ; 5 ; 10 et 50 %) ou d'acide indole-acétique (10^{-7} et 10^{-9}).

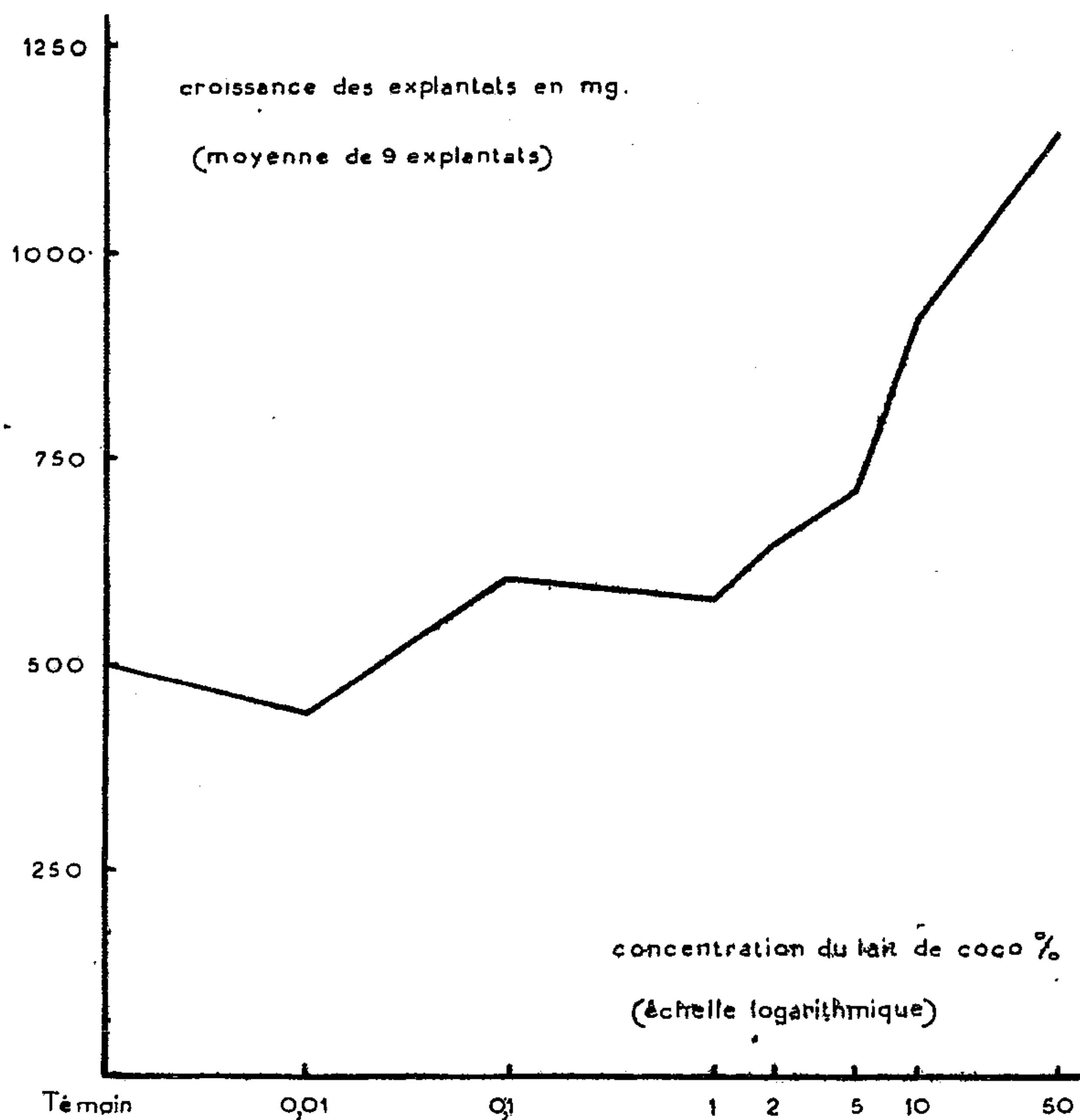
Tous ces milieux furent stérilisés pendant vingt minutes à 110°, puis ensemencés à l'aide de fragments provenant d'une souche de Crown-Gall de Scorsonère isolée en 1947 par Gautheret (6); ces fragments pesaient en moyenne de 150 à 174^{mg}.

Au bout de 26 jours de culture, les explantats furent pesés de nouveau et l'accroissement calculé par différence entre le poids final et le poids initial. Afin de réduire les effets des variations individuelles, nous avons réalisé neuf cultures pour chaque type de milieu et calculé le poids moyen des colonies. Les résultats de cette expérience sont résumés par le graphique ci-contre.

Son examen montre que les tissus cultivés en présence de 50 % de lait de Coco s'accroissent près de deux fois et demi plus vite que les témoins; la stimulation est de moins en moins forte à mesure que les doses de lait de Coco sont plus faibles. Le seuil d'action semble correspondre à une dose de 0,1 %;

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1353.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, séance du 14 janvier 1950.
(3) R. J. Gautheret, *Bulletin Soc. Chimie Biol.*, 24, 1942, p. 23.
(4) G. Morel, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 102, 1945, p. 92.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 774.
(6) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 270.

des recherches ultérieures devront d'ailleurs préciser la valeur exacte de ce seuil, car nos expériences actuelles ne sont pas suffisamment concluantes à ce sujet. De même l'étude des concentrations supérieures à 50 % reste à entreprendre.



Action du lait de Coco sur la croissance des tissus de Crown-Gall de Scorsonère cultivés *in vitro*.

Ces résultats indiquent que le facteur de multiplication contenu dans le lait de Coco ne peut pas être de l'acide indole-acétique puisque l'on sait, à la suite des travaux de Gautheret, que cette substance, de même que les autres composés analogues, ne stimule pas la prolifération des tissus de Crown-Gall de Scorsonère. Toutefois, pour nous en assurer, nous avons cultivé des explantats dans des milieux renfermant 10^{-7} et 10^{-9} d'acide indole-acétique. Ces milieux n'ont déterminé conformément aux prévisions aucune augmentation de la vitesse de développement par rapport aux témoins.

Ainsi, la substance excito-formatrice contenue dans le lait de Coco est un facteur sans rapport avec les auxines. Signalons pour finir que nos expériences apportent le premier exemple d'une substance susceptible de stimuler de manière indiscutable la prolifération d'un tissu tumoral.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Asclépiadacées. Développement de l'embryon chez l'*Asclepias curassavica *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Étant donné que nous ne connaissons encore rien de certain sur l'embryogénie des Asclépiadacées, je me suis appliqué à déterminer, de la manière la plus précise possible, les lois qui président au développement du sporophyte chez l'*Asclepias curassavica* L.

Au proembryon bicellulaire, issu du cloisonnement transversal de la cellule-œuf, fait suite, dans le cas le plus général, une tétrade linéaire provenant de la bipartition des deux premiers éléments (*fig.* 1 et 2). Beaucoup plus rarement, il se constitue une tétrade en T avec paroi supérieure oblique (*fig.* 5); dans ce dernier cas, le cloisonnement transversal

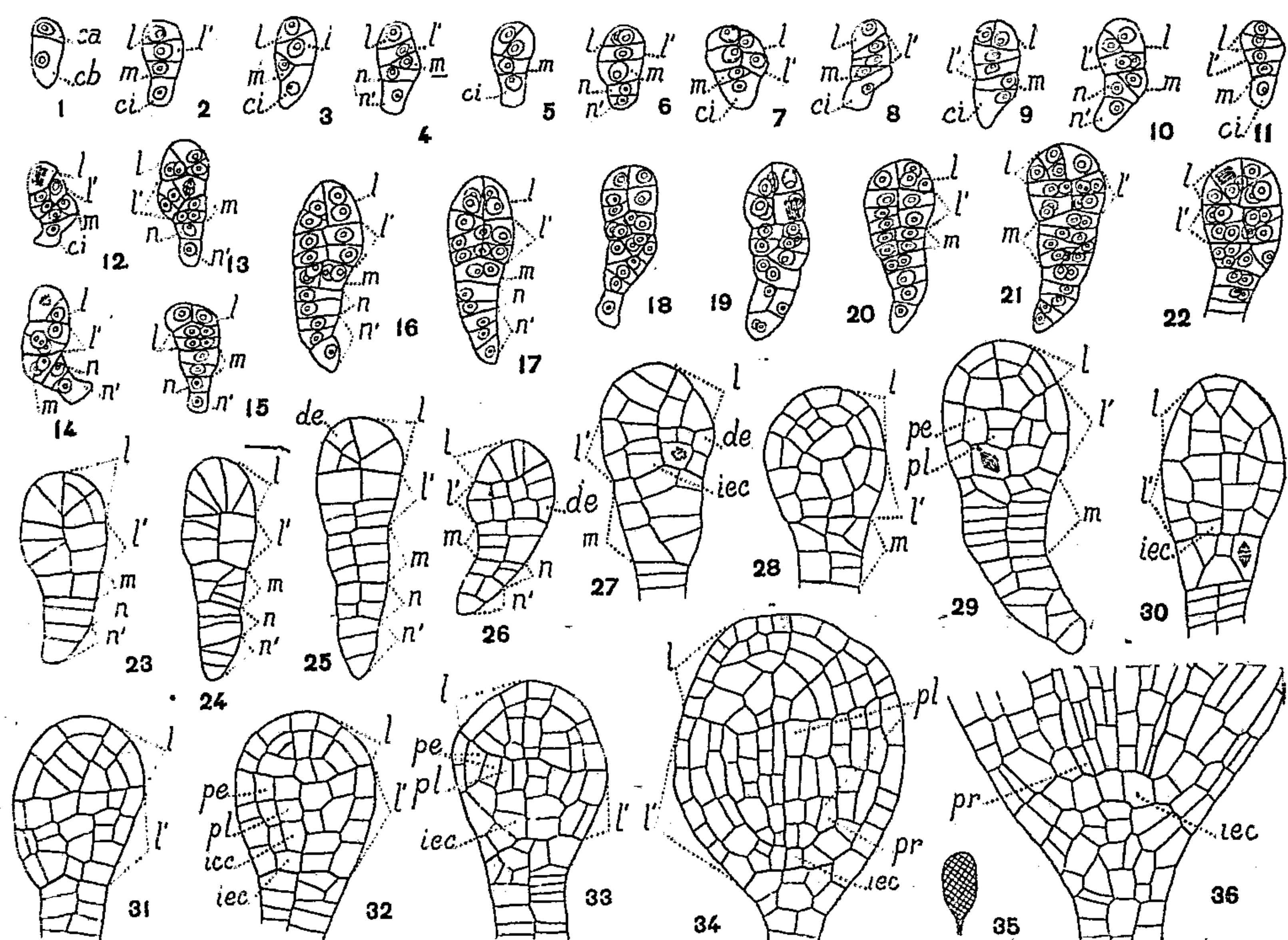


Fig. 1 à 36. — *Asclepias curassavica* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *l* et *l'*, cellules-filles de *ca* ou groupes cellulaires qui en dérivent, génératrices des parties cotylée et hypocotylée; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pr*, péricycle; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *icc*, initiales du cylindre central. G. : 350; 30 pour la figure 35.

des cellules supérieures fournit, dès la génération suivante, les quatre étages *l*, *l'*, *m* et *ci* correspondant à ceux de la tétrade linéaire (*fig.* 7). L'étage supérieur *l* donne naissance à la partie cotylée, l'étage *l'* à la partie hypocotylée et aux initiales de l'écorce au sommet radi-

culaire. L'étage *m* engendre les portions moyennes de la coiffe et la partie supérieure d'un suspenseur, dont les éléments inférieurs sont fournis par la cellule *ci*.

Dans l'étage *l*, les deux premières cellules sont généralement juxtaposées, plus rarement superposées (*fig.* 9 à 11). Dans le premier cas, il se forme quatre quadrants, séparés par des cloisons verticales ou plus ou moins obliques (*fig.* 13 et 17). Ces quadrants se divisent toujours par des parois assez obliques, dont certaines, comme chez le *Senecio vulgaris*, s'insèrent, d'une part, sur la membrane périphérique et d'autre part, sur la cloison qui sépare les étages *l* et *l'*, en un point situé très près de l'axe (*fig.* 22 à 26). Des parois périclines délimitent ensuite le dermatogène dans toute la partie cotylée (*fig.* 21, 23 et 25); des cloisons à directions variables font apparaître, aux stades suivants, plusieurs assises sous-épidermiques. Au second cas, pourrait se rapporter la figure que j'ai représentée en 18 : l'un des quadrants inférieurs se diviserait transversalement avant d'isoler le dermatogène. Les segmentations ultérieures donnent, à la partie cotylée, un aspect identique dans tous les cas et il est malaisé de préjuger, dans un embryon, même encore peu âgé, de la position réciproque des deux premières cellules.

Dans l'étage *l'*, le premier cloisonnement est généralement vertical (*fig.* 10), plus rarement horizontal (*fig.* 11), puis les formes les plus régulières présentent, à un moment, deux assises de deux cellules puis de quatre cellules superposées deux à deux (*fig.* 15 et 16, 21 et 22). Fréquemment on assiste à la division transversale de certains des éléments, appartenant assez souvent à l'assise supérieure. Après différenciation du dermatogène (*fig.* 23 à 25), les éléments inférieurs circumaxiaux se segmentent transversalement, donnant naissance aux quatre initiales de l'écorce au sommet radiculaire et à quatre cellules dont la division longitudinale isole les initiales du cylindre central (*fig.* 27, 29, 30 et 32). Dans l'étage *m*, les cloisonnements, assez irréguliers en général, ne permettent pas d'établir avec exactitude l'origine de la portion médiane de la coiffe. Quand il se forme deux assises de quatre cellules (*fig.* 20, 25 et 26), les éléments supérieurs assurent la fonction calyptrogène (*fig.* 28) et l'assise inférieure, en se segmentant verticalement et horizontalement surtout, contribue, avec les éléments issus de la cellule inférieure *ci*, à la construction d'un suspenseur filamenteux (*fig.* 27).

L'embryon de l'*A. curassavica* se rattache incontestablement au type embryonomique des Solanacées. Les descriptions que j'ai données correspondent aux formes les plus régulières. Un certain nombre de figures permettent de constater des variations importantes, dues à l'apparition de parois plus ou moins obliques dans les divers étages. Ces variations, qui rappellent étroitement celles que R. Souèges a observées chez le *Datura Stramonium* (1), permettent de considérer cette Asclépiadacée, de même que le *Datura*, comme un hybride provenant d'espèces élémentaires dont les caractères embryogénétiques dissemblables seraient cause du manque de précision observé dans les divisions cellulaires.

---

(1) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 69, 1922, p. 352; *voir* aussi *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., Partie spéciale, p. 79.

MICROBIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur les bactéries décomposant le saccharose dans le sol.* Note de MM. **Maurice Lemoigne**, **Henri Girard** et Mlle **Gisèle Jacobelli**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La décomposition des matières organiques dans le sol est difficile à étudier avec précision par suite de la diversité de ses constituants et de l'infinie variété des microbes. Cependant quand on envisage un substrat déterminé, la méthode de Winogradsky montre l'existence d'espèces dominantes, qui, même parfois, au début, existent à l'état pur.

Nous avons entrepris d'appliquer cette technique à divers substrats en utilisant des terres variées.

Nous avons commencé par l'étude du saccharose. C'est qu'en effet il peut, parfois, se trouver dans le sol à des concentrations élevées. Nous avons calculé qu'une bonne récolte de betteraves laisse 1000 à 2000^{kg} de ce sucre par hectare quand on abandonne sur le sol les feuilles et les collets.

Les plaques de silicogel ont été imprégnées de 2$^{cm^3}$ de la solution minérale de Winogradsky, de 1$^{cm^3}$ d'un tampon de phosphate M/10 à pH 7,1 et en outre 50 ou de 500^{mg} de saccharose par boîte de Petri de 10^{cm} de diamètre.

Certaines de ces boîtes n'ont pas reçu d'aliment azoté. Les autres, au contraire, ont été additionnées de 10 ou 50^{mg} de nitrate de sodium par plaque. A la surface du gel de silice on dépose 80 petits grains de terre. L'incubation a lieu à 31°. Toutes les boîtes sans azote, à part deux exceptions, donnent des cultures presque pures d'*azotobacter*, formant un mucus hyalin très net autour de chaque grain de terre. C'est la confirmation pure et simple des observations de Winogradsky.

Sur les plaques ayant reçu du nitrate de sodium, il n'y a plus d'azotobacter. Avec 22 terres sur 33 essayées, on observe une culture presque pure d'un gros bacille, ayant plus de 1$^{\mu}$ de large, isolé ou en courtes chaînes, colorable par la méthode de Gram et présentant de nombreuses inclusions lipidiques. Son aspect est tout à fait celui du bacille observé par Winogradsky dans les mêmes conditions. Mais cet aspect nous était familier et l'isolement, puis l'étude bactériologique, nous ont permis de l'identifier au *Bacillus megatherium.*

Dans trois autres terres, on retrouve *Bacillus megatherium* dominant, mais associé à d'autres bacilles du groupe de *Bacillus subtilis*. Enfin dans 8 terres, venant d'Antibes, on constate une culture pure d'un gros bacille formant de longs filaments. Ce bacille est encore *Bacillus megatherium*. D'autre part, cultivé sur milieux nutritifs ordinaires, il reprend la forme normale non filamenteuse.

Ainsi, toutes les terres examinées donnent sur silicogel saccharosé et nitraté

une culture pure ou dominante de *Bacillus megatherium* associé quelquefois à du *Bacillus subtilis*.

Mais ceci n'est vrai que si l'examen a lieu avant 20 heures. Au delà de ce temps, l'aspect microscopique change. Les cellules de *Bacillus megatherium* deviennent moins nombreuses, s'autolysent et peu à peu la culture de ce bacille est envahie par des petits bâtonnets minces et très mobiles, avec cils polaires. Isolés, ces microbes ont été identifiés à des *Pseudomonas*. Le plus souvent ils montrent une belle fluorescence verte. Nous savons que par autolyse *Bacillus megatherium* donne de l'acide β-hydroxybutyrique. Nous avons donc appliqué la méthode de Winogradsky en employant comme substrat du *l*-β-hydroxybutyrate de sodium. Dans tous les cas nous avons constaté autour des petits tas de terre, des colonies pratiquement pure de bactéries du groupe *Pseudomonas*, identiques à celles qui suivaient la culture de *Bacillus megatherium* ou très voisins. Nous avons d'autre part vérifié que les *Pseudomonas* isolés après culture de *Bacillus megatherium* attaquent et utilisent facilement l'acide *l*-β-hydroxybutyrique.

Ainsi nous constatons, avec la méthode de Winogradsky, que deux équipes de bactéries bien définies se succèdent pour l'attaque du saccharose introduit dans le sol, et nous savons en outre pourquoi elles se succèdent. C'est que les secondes *Pseudomonas*, assimilent de manière préférentielle le substrat très spécial, l'acide β-hydroxybutyrique, sécrété par les premières (*Bacillus megatherium*).

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'iodémie de deux Téléostéens migrateurs potamotoques* Salmo salar *L. et* Alosa alosa *L. au début de leur montée reproductrice*. Note de MM. **Maurice Fontaine** et **Jacques Leloup**, présentée par M. Paul Portier.

Les résultats présentés dans cette Note apportent une contribution à l'étude comparée du fonctionnement thyroïdien chez les Poissons holobiotiques et amphibiotiques. Parmi ces derniers nous considérerons deux espèces potamotoques : le Saumon et l'Alose, capturés en eau douce au printemps (avril 1948) à Peyrehorade (Landes) au début de leur montée reproductrice. Les dosages de l'iode total, de l'iode *lié aux protéines* et de l'iode *thyroxynien* ont été effectués par la méthode précédemment décrite (1) le sang étant recueilli à l'extrémité caudale de l'aorte dorsale. Les valeurs obtenues exprimées en γ d'iode pour 100^{cm^3} de sérum, sont rassemblées dans le tableau ci-après.

(1) F. Lachiver et J. Leloup, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1128.

TABLEAU.

Espèces.	N°.	Sexe.	Iode total.	Iode lié aux protéines.	Iode thyroxynien.
Saumon...	1	♂	108	17,5	16,3
	2	♂	120,6	42,5	16,8
	3	♂	77	15	16,3
	4	♀	178,2	24,2	24,2
	5	♀	138	24	19
	6	♀	80	24,8	15,6
	7	♀	231,6	43,7	24,5
	8	♀	125	40	24
	9	♀	106,3	16,4	–
Alose.....	1	♂	345	31,5	–
	2	♀	365	17,2	–
	3	♂	574	70,6	35,7

La comparaison des chiffres de ce tableau avec ceux trouvés jusqu'ici pour des poissons holobiotiques d'eau douce (Brochet, Truite, Carpe) dont l'iode total, l'iode *lié aux protéines* et l'iode *thyroxinien* sont compris respectivement entre 18,8 et 3γ, 10,4 et 2γ,5, 5,6 et 2γ,5, montre que ces dernières valeurs sont beaucoup plus faibles que celles obtenues pour le sérum des migrateurs, ce qui pourrait s'expliquer par les différences importantes de teneurs en iode des aliments et des milieux ambiants respectifs de ces deux groupes pendant la plus grande partie de leur croissance.

Mais le point le plus remarquable est le suivant : l'iode total de ces poissons migrateurs est de beaucoup supérieur à celui de nombreuses espèces de poissons marins appartenant à des groupes variés et étudiés par l'un de nous (²). Ce fait est particulièrement intéressant si l'on considère que les migrateurs sont pêchés *en eau douce, à l'état de jeûne*. Les teneurs en iode *lié aux protéines* et en iode *thyroxinien* sont relativement variables, mais les valeurs moyennes sont de l'ordre de celles obtenues chez les espèces marines les plus actives (Muges, Maquereaux) qui sont également des espèces migratrices, mais holobiotiques. Cependant certains Saumons où Aloses présentent des thyroxinémies nettement plus élevées que toutes celles obtenues jusqu'ici chez les divers Téléostéens marins examinés.

Tout se passe donc comme si les poissons migrateurs amphibiotiques présentaient, au moment de leur montée reproductrice et bien que vivant dans un milieu extérieur très pauvre en iode, un pouvoir de rétention de cet élément extrêmement élevé. Cette particularité physiologique leur assure ainsi une réserve d'iode importante qui leur permet de synthétiser en quantité suffisante l'hormone thyroïdienne nécessaire sans doute à leurs importantes exigences

(²) J. LELOUP, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 330.

métaboliques déterminées par la remontée à contre-courant des fleuves. D'autre part, le taux très élevé que peuvent atteindre l'iode protéique et l'iode thyroxinien semble montrer que ces poissons manifestent lors de leur montée en eau douce des phases d'hyperfonctionnement thyroïdien.

Ces résultats apparaissent donc favorables à l'hypothèse émise ([3]) selon laquelle des différences dans l'intensité atteinte par certains fonctionnements endocriniens (en particulier le fonctionnement thyroïdien) à des phases déterminées du cycle vital pourraient jouer un rôle dans le déterminisme du caractère sédentaire ou migrateur des espèces chez les Poissons.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Tests simples pour l'optométrie.*

Note de M. **Pierre Fleury**, présentée par M. Armand de Gramont.

Un optomètre subjectif à images multiples, échelonnées en profondeur, permet de rechercher rapidement la correction de la vue, sans mesurer l'acuité visuelle. Les amétropies peuvent être appréciées à 0,25 dioptrie près, et les axes d'astigmatisme à 5 degrés près, en utilisant des mires à points alignés (diamètre apparent $s = 1$ à $2'$) ou à fils noirs orientables ($s = 5$ à $20''$).

Lorsqu'on interpose devant l'œil regardant à une distance fixe des verres sphériques ou cylindriques de puissances et d'orientations diverses, les variations d'acuité visuelle observées ne fournissent, sur les défauts résiduels ou accrus de la vision ainsi modifiée, que des informations souvent peu explicites. Il paraît désirable de rechercher autant que possible, indépendamment de toute mesure de l'acuité visuelle, les conditions d'une bonne mise au point, y compris la correction éventuelle de l'astigmatisme.

L'optomètre décrit dans une précédente Note ([1]), présentant simultanément sous le même angle diverses images d'une même mire, échelonnées en profondeur, nous a permis d'essayer rapidement de nombreux tests et d'examiner d'un coup d'œil leurs aspects de part et d'autre des limites d'accommodation.

Dans les cas d'astigmatisme, l'œil accommode, s'il le peut, tantôt sur l'une ou l'autre des focales correspondant à chaque point objet, tantôt sur une tache image intermédiaire. Il en résulte une incertitude supplémentaire, qui cesse quand l'accommodation est complètement détendue ou au contraire rendue maximum. Avec des tests convenables, il est possible de déterminer rapidement la distance des points objets les plus éloignés de l'œil pour lesquels une focale se forme sur la rétine, et la direction α de cette focale, ainsi que la distance des points les plus rapprochés de l'œil pour lesquels une focale est

([3]) M. Fontaine, *Experientiâ*, 2, 1946, p. 233-237.

([1]) P. Fleury, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 275.

encore perceptible et la direction β de cette dernière. Pour un astigmatisme régulier (seul cas considéré ci-après), α et β sont perpendiculaires.

Une fois l'astigmatisme décelé, on peut interposer devant l'œil un verre cylindrique, divergent et d'axe β ou convergent et d'axe α, dont on fait croître progressivement la puissance jusqu'à disparition des focales et restitution complète de l'amplitude d'accommodation. L'observation des distances limites de vision nette indique alors immédiatement les verres sphériques qui, ajoutés aux précédents, corrigeront la vision de près ou de loin; la précision du quart de dioptrie, si elle a un sens, est aisément atteinte.

Choix des tests. — On reproche à juste titre aux lettres des tableaux d'optotypes d'être inégalement lisibles, et inégalement déformées par l'astigmatisme. La vision non nette des anneaux coupés de Landolt, ou des mires de Foucault à bandes noires et blanches, est également d'une interprétation difficile.

Des plages circulaires de petites dimensions, que pour simplifier nous appellerons *points*, convenablement groupées, se prêtent mieux que des tests plus complexes aux déterminations décrites ci-dessus; nous avons obtenu des résultats satisfaisants avec des points vus chacun, par exemple, sous un angle de 2 minutes, séparés par des intervalles égaux et alignés suivant les rayons d'une étoile à douze branches (*fig.* 1). L'élargissement de l'image de chaque

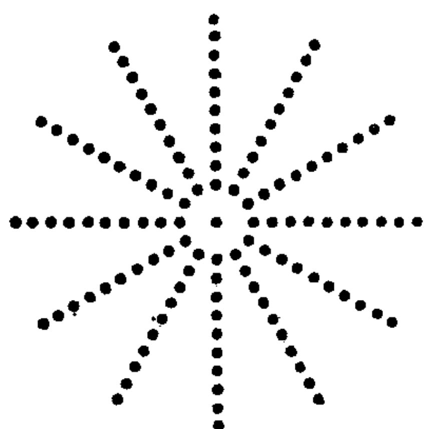


Fig. 1.

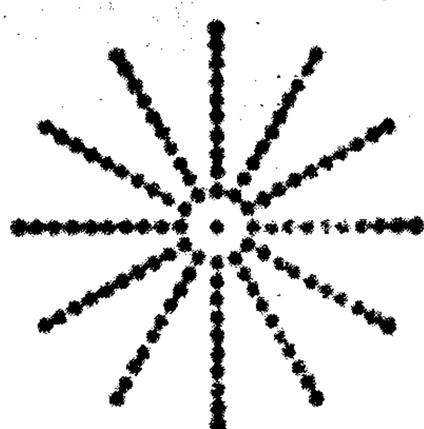


Fig. 2.

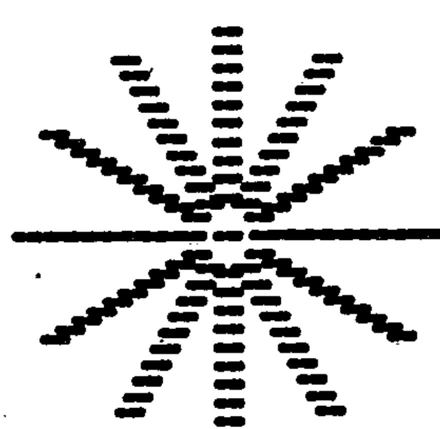


Fig. 3.

point, quand la vision n'est pas nette, se traduit par une diminution de l'intervalle séparant deux images voisines (*fig.* 2); et les focales, s'il y en a, sont bien mises en évidence quand leur direction est celle d'un des rayons (*fig.* 3). Si cette direction est intermédiaire entre celles de deux rayons voisins, elle se déduit aisément, à moins de 5 degrés près, de l'aspect de ces derniers.

Les *points* sont clairs sur fond noir ou noirs sur fond clair; il peut être indiqué d'employer les mires à points clairs pour une recherche préliminaire rapide, celles à points noirs pour une détermination plus précise.

Il existe des tests dont la perception, possible même sous un très faible diamètre apparent (de l'ordre des secondes), cesse très vite quand la mise au

point n'est pas bonne : ce sont les lignes noires sur fond clair, que M. Arnulf nous a signalées comme lui ayant permis d'élucider certains cas difficiles de *réfraction oculaire*. A l'aide de mires à fils fins, choisis de façon à présenter un diamètre apparent de 10 secondes, par exemple, nous avons obtenu une grande sensibilité aux variations de netteté. Un astigmatisme même faible se décèle très aisément par l'observation de mires orientables, à fils croisés à angle droit, l'une des images cessant d'être vue quand l'autre est au maximum de netteté.

L'examen comparatif de fils de diamètres divers peut fournir des indications sur l'acuité visuelle, une fois la vue bien corrigée. Enfin, l'emploi de mires diverses, à 2, 3, 4, ... fils assez écartés (3 minutes ou davantage), dont le sujet doit indiquer le nombre, l'orientation et éventuellement la disposition, permet le contrôle des réponses dans des conditions plus favorables que la lecture des optotypes à lettres.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Découverte d'une calotte crânienne fragmentaire et de dents humaines dans un niveau moustérien ancien de la Chaise (Charente).* Note de MM. **Pierre David** et **François Bordes**, présentée par M. Charles Jacob.

L'ensemble des grottes de la Chaise est situé dans la vallée de la Tardoire, à 5^{km} environ au Nord-Ouest de Montbron; elles sont creusées dans la face tournée vers l'Est du piton rocheux sur lequel est bâti le château de la Chaise. Une première grotte avait été découverte en 1850 par Fermond. Les fouilles ont été continuées par de nombreux préhistoriens, les travaux les plus importants étant ceux des abbés Bourgeois et Delaunay. Vers 1880, à 100^{m} au Nord de cette grotte, l'abbé Suard entreprit d'explorer la brèche du talus et découvrit ainsi un abri et une seconde grotte, à laquelle David a donné le nom de *Grotte Suard*. Depuis 1933, l'un de nous (David) a repris les fouilles avec la collaboration du Dr Hervé. La plupart des travaux ont été effectués à l'intérieur de la grotte, dans les divers couloirs et salles. Le 11 août 1949, pour essayer de comprendre la stratigraphie assez compliquée de cette station, nous ouvrîmes une tranchée parallèle à celle que fit autrefois l'abbé Suard, dans le talus, afin d'obtenir une coupe-témoin qui montrerait clairement la superposition et les contacts des couches.

Le 12 août 1949, nous avons découvert une portion de calotte crânienne dans ce talus; le 15, à 30^{cm} de la calotte, une dent de sagesse, et le 16, deux autres dents, également humaines, se sont ajoutées à ces trouvailles.

La stratigraphie du talus, à l'endroit des découvertes, faites à l'aplomb d'un bloc éboulé, est la suivante, de haut en bas :

1° Couche sableuse rougeâtre, parfois transformée en brèche très dure par des infiltrations stalagmitiques. Cette couche, épaisse selon les endroits de 1^{m},50

à 2^m, renferme une industrie moustérienne et une faune où semblent prédominer le Bœuf et le Cheval.

2° Couche durcie en brèche, épaisse de $0^m,12$ à $0^m,25$, de couleur grisâtre, renfermant une industrie moustérienne avec quelques bifaces et une faune où semble prédominer le Renne. Les éléments cimentés en brèche sont de petite taille.

3° Couche composée d'éboulis angulaires et de limon sableux, se subdivisant en : *a*, couche de $0^m,07$ à $0^m,40$ d'épaisseur, formée d'éboulis grossiers en moyenne, avec de gros blocs fissurés sur place après leur chute; *b*, couche d'éboulis plus fins, explorée sur $0^m,40$ de profondeur, avec de nombreuses esquilles d'os et de rares silex taillés. C'est au contact de *a* et *b* que le crâne a été trouvé. D'après l'ancienne tranchée située à l'entrée de la grotte, il semble que cette couche dépasserait 2^m d'épaisseur.

A l'emplacement où le crâne a été trouvé, la couche 1 n'existait plus et le crâne se trouvait à $0^m,35$ de profondeur, scellé par la couche 2, absolument intacte.

Les rapports entre le talus et l'intérieur de la grotte n'ont pas pu encore être précisés, les anciennes fouilles ayant en grande partie détruit les points de contact. Il semble toutefois que la couche du crâne corresponde à la couche inférieure de l'intérieur de la grotte.

L'industrie trouvée à l'intérieur se signale par la présence de nombreux petits silex à retouche abrupte, alterne souvent, se rapprochant de l'industrie dite *tayacienne*, mais le caractère dominant reste moustérien : belles pointes, racloirs, quelques bifaces et couteaux à dos abattu.

Nous avons donc en Charente un troisième point, en plus de la découverte récente de Fontéchevade et de la découverte ancienne de la Quina, le crâne de la Chaise semblant plus ancien que ce dernier.

BIOLOGIE. — *Teneur des noyaux au repos en acide désoxyribonucléique dans différents tissus chez le Rat.* Note (*) de MM. **Jean Pasteels** et **Lucien Lison**, présentée par M. Robert Courrier.

Des auteurs récents ([1]) admettent que tous les noyaux cellulaires d'une même espèce animale ont une teneur identique en acide désoxyribonucléique, correspondant au double de la teneur d'un spermatozoïde. Ces auteurs avaient dosé chimiquement l'acide désoxyribonucléique dans des suspensions de noyaux isolés, et calculé la teneur d'un seul noyau en divisant la valeur trouvée par le nombre de noyaux présents dans la suspension. Cette méthode

(*) Séance du 13 février 1950.

([1]) Boivin, Vendrely et Vendrely, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1061; Vendrely et Vendrely, *Experientia*, 5, 1949, p. 327; ces résultats n'ont été que partiellement confirmés par Mirsky et Ris, *Nature*, **163**, 1949, p. 327.

n'a de signification que si la population de noyaux est homogène; on a bien des raisons de penser le contraire. Nous nous sommes adressés à une méthode permettant l'étude individuelle des noyaux : le dosage histophotométrique ([2]) dans des préparations au Feulgen. Des études préliminaires nous ont convaincus de la validité de cette technique : *nous n'avons pu observer*, lors de la spermatogénèse et de la spermiogénèse, *aucune déviation à la loi de Beer, dans des limites très étendues de concentration* (de 1 à 15), qui excèdent notablement celles que nous avons rencontrées.

Toutes nos préparations ont été faites en même temps et dans les mêmes bains, un fragment d'un même testicule, placé à côté de chaque organe, a servi de contrôle. Les extinctions mesurées dans la partie centrale des noyaux ont été multipliées par la surface du noyau. Les résultats ci-dessous sont exprimés en unités arbitraires et n'ont qu'une valeur relative.

Nom.	n (*).	$M \pm m_M$ (**).	$\sigma \pm m_\sigma$ (**).	Spz. × 2 (%) (***).	t (****).
Spermatocytes de premier ordre	81	478,79±3, 20	20,81± 2,26	100,00±1,54	–
Surrénale					
Médullaire	49	244,03± 2,89	20,25± 2,05	101,94±1,20	1,518
Réticulaire	117	243,60± 2,46	26,59± 1,74	101,80±1,02	1,297
Fasciculaire	50	225,20± 3,65	25,78± 2,58	94,07±1,52	1,523
Rein	50	227,40± 2,86	20,23± 2,02	94,99±1,19	3,941
Estomac					
Cellules principales	48	229,19± 2,06	14,28± 1,45	95,74±0,86	3,896
» bordantes	49	232,06± 1,90	13,35± 1,36	96,94±0,80	2,883
Lymphocytes	52	228,26± 2,38	17,14± 1,68	95,27±0,99	4,018
Tissu adipeux	50	167,18± 2,80	19,14± 1,91	69,83±1,13	24,451
Foie A	36	156,62± 2,60	15,62± 1,84	65,42±1,08	27,705
Foie B	97	347,10± 3,93	38,70± 2,78	114,99±1,64	23,663
Foie C	40	772,50±10,78	68,11± 7,62	322,69±4,49	67,151
Pancréas A	35	178,12± 1,77	10,46± 1,25	74,40±0,70	5,935
Pancréas B	70	362,29± 3,91	32,67± 2,76	151,34±1,63	30,424
Pancréas C	5	685,20±14,80	33,01±10,45	286,69±6,16	59,555

(*) Nombre des noyaux mesurés.

(**) Moyenne et déviation standard, chacune avec leur écart-type.

(***) Valeurs moyennes calculées en pourcentage d'une valeur diploïde théorique, soit deux fois celle du spermatozoïde, ou encore, la moitié de celle du spermatocyte de premier ordre ([3]);.

(****) Valeur du test t de signification statistique (test de Student), relatif à la différence entre la valeur des noyaux étudiés et celle de la cellule diploïde théorique.

a. Les noyaux de certains tissus : surrénale (médullaire, réticulaire et fasciculaire), rein, cellules bordantes et principales de l'estomac, lymphocytes, ont une teneur qui paraît voisine de la valeur diploïde théorique. Sauf pour la

([2]) L. LISON, *Acta Anatomica* (sous presse).

([3]) L. LISON et J. PASTEELS, *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).

surrénale, les différences, bien que minimes, sont statistiquement significatives. Ces différences sont-elles constantes dans une même espèce? Ce point sera étudié ultérieurement.

b. Les noyaux du tissu adipeux ne contiennent que 70 % environ du chiffre diploïde théorique. Le test *t* indique une différence très hautement significative.

c. Dans le foie et le pancréas existent au moins trois séries distinctes, étagées dans les proportions approximatives de 1 à 2 (pancréas) ou 1 à 2,2 (foie) [*cf.* (4) et (5)]. *Dans aucune, nous n'obtenons le chiffre diploïde théorique*, le test *t* indiquant des différences hautement significatives.

Si donc dans certains tissus, l'on observe des teneurs proches de la valeur diploïde théorique, il en va tout autrement pour d'autres, où se manifestent des discordances marquées. L'explication de ces faits n'apparaît pas encore clairement. Faisons remarquer toutefois que toutes les différences observées par rapport à un noyau diploïde théorique, sont des différences *par défaut*. Les noyaux des séries B et C du foie et du pancréas ne sont, selon toute vraisemblance, que des polyploïdes provenant de la série A, elle-même déjà déficiente, et dont la déficience relative se conserve après la polyploïdie. On peut suggérer qu'une partie du matériel chromosomial, primitivement diploïde, se perde lors de la différenciation de certaines espèces cellulaires somatiques, par un mécanisme analogue à celui de la diminution chromatique chez *Ascaris* et chez *Miastor*. Des recherches sur cette question sont en cours.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le mécanisme de la monogynie fonctionnelle chez les* Polistes (*Hyménoptères-Vespides*). Note (*) de M. **Édouard-Ph. Deleurance**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Lorsque plusieurs *Polistes* fondent ensemble un nid (fondation polygyne), on remarque *généralement* qu'il s'établit entre eux, peu à peu, une certaine division du travail. En ce qui concerne la ponte, on constate que cette fonction tend à n'être conservée que par une seule Guêpe, les autres jouant le rôle d'ouvrières. Cette *monogynie fonctionnelle* s'observe cependant quelquefois sous une forme moins rigoureuse; les Guêpes compagnes continuant de pondre, mais beaucoup moins que la pondeuse principale. Enfin, beaucoup plus rarement, il arrive que la polygynie *vraie* initiale se maintienne.

L'établissement de la monogynie s'accompagne d'une modification des rapports sociaux. L. Pardi (1) les définit comme s'organisant dans le sens

(4) J. W. Jacob, *Zeitschr. mikr. anat. Forsch.*, 38, 1935, p. 161; E. M. Wermel et W. Portugalow, *Zeit. Zellf.*, 22, 1935, p. 185.

(5) U. d'Ancona, *Bull. Soc. Ital. Biol. sper.*, 14, 1940, p. 49.

(*) Séance du 13 février 1950.

(1) *Bull. Inst. Ent. Bologna*, 15, 1943-1946, p. 25-84.

d'une dominance sociale. Il décrit ainsi une hiérarchie qui, sur le plan physiologique, coïncide avec la fécondité : la Guêpe occupant le rang social le plus élevé a la ponte la plus importante. Cette particularité le conduisit à proposer sa théorie d'une monogynie réglée par Dominance-Subordination.

L'étude expérimentale des faits ne se montre pas favorable à cette interprétation. Les expériences suivantes le montrent.

A. Deux Guêpes, A_2 et A_1, fondent un nid au laboratoire le 14 octobre. Le 17 novembre, jour de l'expérience, la situation est la suivante : A_2 ne pond plus depuis le 8, elle pourvoie à l'alimentation des larves, surélève les cellules et assure la thermorégulation. A_1, qui est *dominante*, pond et construit de nouvelles cellules. Le nid comprend 47 cellules, 21 œufs, 21 larves et nymphes. Nous supprimons alors tous les œufs. A_1 réagit fortement mais continue de pondre. A_2 ne présente pas de modifications visibles. Dans les jours qui suivent, on observe que le comportement des deux Guêpes tend à s'identifier, mais A_1 domine de plus en plus et ne construit plus de cellules. *Le 23 novembre, la ponte réapparaît* chez A_2. A ce moment, il restait dans le nid 9 cellules vides.

Notre expérience montre que l'arrêt de la ponte chez la Guêpe compagne n'est pas imputable à la seule présence de la pondeuse et met en évidence le rôle probable joué par les cellules vides.

Nos deux Guêpes pondent maintenant de concert. Mais A_1 détruit systématiquement les œufs de A_2, qui, par contre, respecte ceux de A_1 (*oophagie différentielle*). A partir du 24 novembre, nous détruisons tous les œufs de A_1 et nous protégeons ceux de A_2.

La réaction de A_1 est très vive : sa *dominance* évolue vers l'agressivité. En même temps, sa ponte journalière (2 à 3 œufs) croît, atteint son maximum (7 œufs) le 1er décembre, et décroît brusquement pour tomber à 0 le 7. Au contraire, celle de A_2 qui s'est développée se maintient à un rythme élevé, 4 à 5 œufs. Sa passivité devant A_1 n'arrête pas l'intolérance grandissante de cette dernière qui essaye fréquemment de la poignarder. De ce fait, nous sommes amené à modifier l'expérience. Nous séparons les deux Guêpes et les laissons alternativement sur le nid : A_2 pendant la nuit, la cage restant éclairée ; A_1 pendant le jour. Dans ces conditions, A_2 continue de pondre à un rythme élevé, tandis que A_1 reste stérile. En outre, la tendance de cette Guêpe à détruire les œufs de A_2, déjà bien diminuée, disparaît totalement le 13 décembre. Parallèlement, son comportement ressemble à celui de A_2 au 17 novembre.

Nous avons terminé cette expérience en réunissant les deux Guêpes le 19 décembre. Après une lutte très vive au cours de laquelle A_2 acquit la suprématie, l'association se reforma et se stabilisa très rapidement. Elle était apparemment en tous points comparable à celle du 17 novembre avec cette différence que A_2 *avait pris la place de* A_1 *et réciproquement* (*vice versa*).

Cette dernière partie de notre série d'expériences met en valeur un élément

nouveau : l'importance du rôle joué par l'œuf. Elle confirme aussi l'absence d'un *effet de groupe* décisif.

B. Une expérience complémentaire s'imposait. En effet, si la réapparition de la ponte chez la Guêpe compagne est en rapport avec la présence de cellules vides, la suppression de la pondeuse ne doit pas modifier la stérilité fonctionnelle de la première si l'on évite la présence de cellules vides. L'expérience a été la suivante : fondation bigyne suivie de l'établissement d'un état monogyne strict. Séparation à ce moment des deux Guêpes qui travailleront isolément, chacune alternativement, comme il a été indiqué précédemment. Le résultat a été positif : en de telles conditions *la ponte ne réapparaît pas chez la Guêpe compagne.*

La monogynie fonctionnelle apparaît donc comme un phénomène, *indirectement* lié à la présence de la pondeuse (reine). Trois facteurs y jouent un rôle important :

1° la stimulation spécifique exercée par l'œuf de la Guêpe;

2° l'existence de cellules vides;

3° l'oophagie différentielle.

Au sujet du comportement qualifié de *dominance,* nos observations montrent simplement qu'il existe une corrélation entre la fonction reproductrice et ce comportement.

Il est possible que le mécanisme qui règle la monogynie fonctionnelle soit également la cause de la stérilité des ouvrières dans la société typique ayant pour origine une unique fondatrice.

RADIOBIOLOGIE. — *Sur l'existence de tampons, inhibiteurs des radiolésions de la strychnine.* Note de MM. **Jean Loiseleur** et **Georges Velley**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Le sulfate de strychine constitue un objet d'étude très favorable en radiobiologie, autant pour la régularité de ses effets toxiques que pour sa radiosensibilité, laquelle se traduit par une diminution de la toxicité.

1. En solution dans l'eau pure à 0,5 °/₀₀, la dose limite, tolérée par la Souris de 20^{g}, est égale à $0^{mg},03$. La même solution (2^{cm^3} disposés dans une cupule ouverte d'un diamètre de 2^{cm}), irradiée avec les rayons K du Mo, perd, consécutivement à l'administration de 10^6 R, une grande partie de sa toxicité. La dose léthale devient alors supérieure à $0^{mg},12$. La dislocation de la molécule par le rayonnement peut être exprimée par un *coefficient de radiosensibilité,* qui représente l'augmentation de la dose tolérée par l'organisme : ce coefficient est ici supérieur à 0,09.

2. L'introduction de solutés divers (NaCl, NO_3Na, NO_2Na, etc.) à la concentration de 2 % dans la solution de sulfate de strychnine ne modifie pas la

toxicité de l'alcaloïde non irradié. Par contre, l'effet de l'irradiation diffère essentiellement selon que le soluté est — ou non — un accepteur d'oxygène.

Si le soluté n'est pas un accepteur d'oxygène, l'effet de l'irradiation reste inchangé. En présence de NaCl par exemple, la molécule de strychnine subit la même radiolésion que dans l'eau pure et la dose léthale devient, après irradiation, supérieure à $0^{mg},12$, valeur identique à la précédente : le coefficient de radiosensibilité reste inchangé. Le tableau I reproduit l'ensemble de l'expérience.

Quand le soluté est un accepteur d'oxygène, on constate au contraire une diminution considérable du coefficient de radiosensibilité (tableau II).

Irradiation de strychnine en présence de solutés.
(dose = 1 000 000 *r* avec K du Mo).

Tableau I. Solutés non accepteurs d'oxygène. / Tableau II. Solutés accepteurs d'oxygène.

Tableau I	Coeff. de radio-sensibilité.	Effet protecteur (%).	Tableau II	Coeff. de radio-sensibilité.	Effet protecteur (%).
Eau pure.......	>0,09	0	–	–	–
NaCl...........	>0,09	0	–	–	–
NO_3Na..........	>0,09	0	NO_2Na..........	0,02	77
$(SO_4)_3Fe_2$.......	>0,09	0	SO_4Fe...........	0,01	88
$SnCl_4$...........	>0,09	0	$SnCl_2$............	0,01	88
Saccharose......	0,08	11	Glucose..........	0,01	88
–	–	–	A. ascorbique.....	0,01	88
–	–	–	Hydroquinone....	0,01	88

La présence de soluté exerce dans ce cas *un effet protecteur* dont le pourcentage est égal au rapport entre la radiosensibilité dans l'eau pure et la diminution de radiosensibilité consécutivement à la présence du soluté. Quant au saccharose, son léger effet protecteur peut être attribué à une hydrolyse partielle sous l'effet du rayonnement et à la libération de glucose, soluté éminemment protecteur.

3. Cet effet protecteur ne peut être confondu avec l'effet de compétition signalé par Fricke, Hart et Smith (¹) et par Dale (²). Quand l'irradiation intéresse un seul soluté en solution pure, on peut considérer une certaine probabilité selon laquelle une molécule de soluté subit l'action du rayonnement. L'addition d'un deuxième soluté dans la solution, diminuant cette probabilité, entraîne un effet de protection. Dans nos expériences, il s'agit d'un phénomène de nature très différente : d'une part, le tableau I montre que les solutés n'exercent, à la concentration où ils sont employés, aucun effet de

(¹) *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 229.
(²) *Biochem. J.*, 36, 1942, p. 80.

compétition et, d'autre part, la comparaison entre des solutés de constitutions très voisines (le nitrate et le nitrite de sodium, les sulfates ferrique et ferreux, etc.) établit que l'effet protecteur dépend exclusivement du caractère *accepteur d'oxygène* de la molécule. Il en résulte :

1° Que les accepteurs d'oxygène (et ceux-ci seulement) interviennent pour protéger la strychnine contre l'effet de l'irradiation;

1° que, par conséquent, l'oxygène, présent à l'état dissous dans la solution et activé par le rayonnement, est responsable des radiolésions de la strychnine;

3° que l'un au moins des types de ces radiolésions consiste en une oxydation, c'est-à-dire en la transformation de la molécule en génostrychnine ([3]), beaucoup moins toxique;

4° que finalement ces accepteurs d'oxygène se comportent comme de véritables *tampons* détournant sur eux l'effet de l'irradiation.

Ces expériences constituent ainsi une confirmation des faits précédemment établis ([4]) sur l'intervention de l'oxygène dans les effets radiobiologiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Évolution des acides nucléiques au cours de l'hypertrophie rénale compensatrice.* Note de M. **Paul Mandel**, Mme **Lila Mandel** et Mlle **Monique Jacob**, transmise par M. Maurice Javillier.

S'il existe de nombreuses recherches histologiques ([1]) et physiologiques ([2]) sur l'hypertrophie rénale compensatrice après néphrectomie unilatérale, il n'en est pas de même en ce qui concerne la biochimie de ce phénomène. Pourtant les problèmes essentiels, ceux de l'hypertrophie et de l'hyperplasie cellulaires, peuvent trouver une solution quantitative dans une étude portant sur les acides nucléiques.

Les travaux de Brachet, Caspersson et leurs écoles ([3]) ont prouvé qu'il existe un parallélisme étroit entre la richesse des cellules en acide pentosenucléique et l'intensité des synthèses protéiques dont elles sont le siège. Nous avons également rapporté des faits venant à l'appui des conceptions des auteurs

---

([3]) M. et M. Polonovski, *Comptes rendus*, 181, 1924, p. 887.

([4]) J. Loiseleur et R. Latarjet, *Bull. S. Chim. Biol.*, 24, 1942, p. 172; A. Lacassagne, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 331; J. Loiseleur, *Bull. S. Chim. Biol.*, 25, 1943, p. 1; J. Loiseleur et F. Baclesse, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 1160.

([1]) J. Benoit, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 1378; P. Carnot et R. M. May, *C. R. Soc. Biol.*, 128, 1938, p. 641; R. Gonzalez, *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 1270; T. Fontaine, et C. Veil, *Arch. des Sc. Physiol.*, 1, 1947, p. 49.

([2]) T. Addis, B. C. Meyers et J. Oliver, *Amer. J. of Physiol.*, 68, 1924, p. 128; H. Bayle, *Thèse Sciences*, Paris, 1926; L. Ambard, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 1375.

([3]) Voir *Cold. Spring Harbor Symposia on quantitative Biology*, 12, 1947.

susnommés ([4]). D'autre part, il résulte de nos propres recherches ([5]) et de celles de Kosterlitz ([6]) que les variations quantitatives du cytoplasme sont parallèles à celles de l'acide pentosenucléique. Ainsi d'une façon générale, l'évolution de l'acide pentosenucléique permet d'apprécier celle du cytoplasme et fournit des indications sur l'activité des synthèses protéiques.

Récemment nous avons montré que l'acide désoxypentosenucléique se comporte comme une constante tissulaire et que la quantité de cet acide nucléique par noyau reste inchangée malgré un jeûne protéique très sévère ([7]). Il apparaît que le nombre de noyaux et les variations de ce nombre trouvent leur expression dans les valeurs de l'acide désoxypentosenucléique tissulaire.

En somme, l'étude de l'évolution des deux acides nucléiques au cours de l'hypertrophie rénale compensatrice après néphrectomie, peut fournir des renseignements sur l'accroissement quantitatif du cytoplasme (acide pentosenucléique) et l'augmentation du nombre des noyaux (acide désoxypentosenucléique).

Nos essais ont porté sur 7 lots de rats totalisant 8 témoins et 31 néphrectomisés. Dans chaque lot, les témoins et les animaux opérés étaient du même sexe et de la même portée, issus de croisements répétés entre frères et sœurs. Ainsi il nous a été possible de comparer la constitution biochimique des reins hypertrophiés, d'une part aux reins homologues enlevés, d'autre part à ceux des témoins. Les acides nucléiques ont été déterminés selon la technique de Schmidt et Thannhauser ([8]) légèrement modifiée, et les résultats confirmés par des dosages de désoxypentoses selon Dische ([9]) et de pentoses selon von Euler ([10]).

En dehors de l'augmentation progressive du poids (+ 50 % environ à la fin de l'évolution) et de l'azote protéique (+ 45 % environ), l'étude biochimique des reins hypertrophiés a permis d'enregistrer les faits suivants. Pendant les sept premiers jours, l'acide pentosenucléique s'accroît rapidement (+ 30 %) alors que l'acide désoxypentosenucléique varie à peine (+ 4 % environ). Il en résulte une augmentation du rapport acide pentosenucléique/acide désoxypentose nucléique, qui traduit un enrichissement des cellules en acide pentosenucléique et un accroissement du cytoplasme. Entre le 7ᵉ et le 30ᵉ jour, l'augmentation de la quantité absolue d'acide pentosenucléique se poursuit

([4]) P. et L. MANDEL, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 706; P. MANDEL, R. BIETH et R. STOLL, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1355.

([5]) P. MANDEL, M. JACOB et L. MANDEL, *Bull. Soc. Chim. Biol.* (sous presse).

([6]) *Nature*, 154, 1944, p. 207.

([7]) P. MANDEL, M. JACOB et L. MANDEL, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1370.

([8]) G. SCHMIDT et S. J. THANNHAUSER, *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 83.

([9]) *Mikrochem.*, 8, 1930, p. 4.

([10]) *Svensk. Kem. Tid.*, 58, 1946, p. 251.

régulièrement (+ 43 % à 15 jours, + 47 % à 30 jours). Au delà du 30e jour, on ne constate plus de variation importante du cytoplasme, ce qui répond, comme nous allons le voir, au retour à l'équilibre cellulaire. L'accroissement de l'acide désoxypentosenucléique (+ 16 % à 15 jours, + 18 % à 30 jours et + 37 % à 80 jours), que l'on observe durant la même période, reflète l'augmentation du nombre des noyaux et se trouve être la traduction chimique de l'hyperplasie. Au bout de deux mois, alors que l'hypertrophie du rein a atteint son maximum, on enregistre à la fois une augmentation de la quantité absolue d'acides pentose et désoxypentosenucléiques, mais le rapport acide pentosenucléique/acide désoxypentosenucléique est identique à celui des reins enlevés et des reins des animaux témoins d'une même portée. Ceci montre que le rapport entre les acides nucléiques caractéristiques du cytoplasme et du noyau est à nouveau celui d'une cellule normale dans un organe dont le nombre de cellules a manifestement augmenté.

Résumé et conclusions. — L'augmentation rapide de l'acide pentosenucléique et des protéines que l'on observe dès le début de l'hypertrophie rénale compensatrice traduit l'accroissement du cytoplasme. De même l'augmentation de l'acide désoxypentosenucléique, très importante à partir du quinzième jour après néphrectomie, prouve l'existence d'une multiplication nucléaire et par conséquent cellulaire. Quand l'hypertrophie a atteint son maximum, le rapport acide pentosenucléique/acide désoxypentosenucléique retrouve sa valeur normale; cela indique que les cellules, dont le nombre a augmenté de 35 % environ, possèdent, du moins en ce qui concerne les acides nucléiques, une constitution identique à celle du tissu rénal normal.

BIOCHIMIE DE L'HÉRÉDITÉ. — *Sur la teneur absolue en acide désoxyribonucléique du noyau cellulaire chez quelques espèces d'Oiseaux et de Poissons.* Note (*) de M. **Roger Vendrely** et Mme **Colette Vendrely**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans quelques publications antérieures (1) nous avons montré que la teneur absolue du noyau cellulaire en acide désoxyribonucléique était identique dans toutes les cellules somatiques d'un même individu et de tous les individus d'une même espèce animale et représentait, par conséquent, une véritable *constante* caractéristique de l'espèce. Cette *constante* est vraisemblablement proportionnelle au nombre des gènes, puisqu'un spermatozoïde de l'espèce considérée contient, comme nous l'avons montré, exactement la moitié de l'acide désoxy-

(*) Séance du 13 février 1950.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1061; *Experientia*, (IV), 10, 1948, p. 434; *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1256; *Experientia*, (V), 8, 1949, p. 327.

ribonucléique du noyau somatique. Ces constatations venaient appuyer l'hypothèse, émise par Boivin et coll. ([2]), selon laquelle l'acide désoxyribonucléique serait un constituant caractéristique des gènes. Elles ont été confirmées récemment, chez de nombreuses espèces animales, par Mirsky et Ris ([3]) d'une part, Davidson et Leslie ([4]) d'autre part, et la *constante* désoxyribonucléique a été utilisée par ces derniers auteurs comme base de belles recherches embryologiques.

Cette Note a pour objet d'apporter de nouveaux résultats concernant les Oiseaux et les Poissons.

Nos travaux ont porté dans la majorité des cas sur des érythrocytes et, pour quelques espèces, également sur les noyaux des cellules hépatiques. En ce qui concerne les techniques employées, nous renvoyons à nos publications précédentes.

Nous groupons dans le tableau suivant les résultats obtenus.

Teneur comparée (exprimée en γ) en acide désoxyribonucléique des noyaux diploïdes chez diverses espèces animales (Oiseaux, Poissons).

Oiseaux.

Canard.	Oie.	Poule.	Dinde.	Faisan.	Pigeon.	Moineau.
$2,2.10^{-6}$	$1,9.10^{-6}$	$2,2.10^{-6}$	$1,9.10^{-6}$	$1,7.10^{-6}$	$2,0.10^{-6}$	$1,9.10^{-6}$

Poissons.

Brochet (*Esox lucius* L.)	Anguille (*Anguilla anguilla* L.).	Tanche (*Tinca tinca* L.).	Gardon (*Gardonus rutilus* L.).	Alose (*).	Truite (*Salmo irideus Gibb.*).	Carpe (*Cyprinus carpio* L.)
$1,7.10^{-6}$	$1,9.10^{-6}$	$1,8.10^{-6}$	$1,9.10^{-6}$	$1,97.10^{-6}$	$3,2.10^{-6}$ (1,6.2)	$3,2.10^{-6}$ (1,6.2)

(*) Résultat emprunté à A. E. Mirsky et H. Ris, *Nature*, 163, 1949, p. 666.

Comme on peut le voir, les teneurs obtenues pour les différents oiseaux étudiés forment un groupe homogène et sont assez voisines les unes des autres. Nous avions déjà constaté une telle homogénéité chez les Mammifères ([5]) et nous avions émis l'hypothèse suivante : il existerait pour ce groupe animal un même équipement fondamental en gènes ne subissant d'espèce à espèce que des variations de détail. Les résultats que nous apportons, quoique encore bien incomplets, semblent indiquer qu'il en serait de même chez les Oiseaux.

En ce qui concerne les Poissons, un phénomène particulier apparaît. Parmi

([2]) Voir plus particulièrement l'article paru dans *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1258.
([3]) *Nature*, 163, 1949, p. 666.
([4]) *Nature*, 165, 1950, p. 49.
([5]) *Experientia*, (V), 8, 1949, 327.

plusieurs espèces, dont les teneurs caractéristiques sont remarquablement proches les unes des autres, la Carpe et la Truite font exception. Remarquons que la teneur trouvée pour la Carpe représente sensiblement le double de la teneur minimum des autres poissons, alors que celle de la Truite en représente le triple. Nous serions tentés d'imaginer ici un double processus d'évolution à partir d'un équipement génétique de base : d'une part, des variations de détail affectant une petite partie du matériel héréditaire, d'autre part, pour certains poissons, un doublement ou un triplement en bloc de l'équipement de base.

Sans doute, ne s'agit-il ici que d'un essai d'interprétation de résultats encore fragmentaires, et il serait dangereux de généraliser, mais il est hors de doute que l'étude systématique, de la teneur absolue du noyau en acide désoxyribonucléique, à travers de nombreuses espèces animales, puisse fournir des suggestions intéressantes en ce qui concerne le problème de l'évolution.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Participation des phosphates aux réactions d'oxydation de l'adrénaline*. Note de Mme **Paulette Chaix**, MM. **Georges-André Morin** et **Jacques Jézéquel**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La question se pose de savoir si le phosphate des solutions tampons utilisées dans les réactions d'oxydation de l'adrénaline précédemment décrites (¹) intervient dans ces réactions. La présente Note montre qu'il est possible d'établir la participation des phosphates aux réactions d'oxydation de l'adrénaline en comparant, dans des conditions de température et de pH identiques, et voisines des conditions physiologiques, les réactions évoluant en solution tampon phosphate, d'une part, et en solution tampon bicarbonate, d'autre part.

L'étude de l'oxydation de l'adrénaline par l'oxygène moléculaire, en solution tamponnée par le bicarbonate, n'avait pas encore été faite; pour la réaliser, il est nécessaire qu'un métal catalyseur soit présent. Les activités des métaux essayés sont les suivantes : Mg nulle, Fe faible, Ni et Mn fortes mais tardives. Seule l'activité de Cu introduit sous forme de SO_4Cu ou de Cl_2Cu est immédiate et forte. La formation du complexe adrénaline-cuivre, auto-oxydable, s'accompagne d'une acidification du milieu, donc d'un dégagement de CO_2; il est possible d'étudier manométriquement cette formation, en atmosphère exempte d'oxygène; à pH 7,3 (atmosphère $N_2 + 5\,\%\,CO_2$), le complexe contient un atome de cuivre pour deux molécules d'adrénaline.

L'autoxydation du complexe adrénaline-cuivre à pH 6,4 (atmosphère 50 % O_2 + 50 % CO_2) ou à pH 7,3 (95 % O_2 + 5 % CO_2) ou à pH 8 (oxygène

(¹) P. Chaix, J. Chauvet et J. Jézéquel, *Biochimica et Biophysica Acta*, 4, 1950, p. 471.

pur) correspond à la fixation rapide d'une molécule d'oxygène par molécule d'adrénaline, et aboutit à la formation d'adrénochrome rouge, relativement stable, identifié par spectrographie.

D'autre part, on peut oxyder l'adrénaline, en absence d'oxygène, par le ferricyanure de potassium, système oxydo-réducteur plus positif que l'adrénaline. Le gain d'un électron par le ferricyanure s'accompagne, en milieu bicarbonaté, du dégagement d'une molécule de CO_2, mesurable manométriquement (²). Dans le cas présent, on constate que à pH 7,3 à 37°, et pour une concentration d'adrénaline 10^{-3} M, le dégagement de CO_2, pratiquement instantané, atteint son maximum pour une concentration en ferricyanure égale ou supérieure à quatre fois celle de l'adrénaline. Il apparaît alors cinq molécules de CO_2 par molécule d'adrénaline, et non quatre comme le laisserait prévoir la formation d'adrénochrome.

Si l'on compare ces résultats obtenus en solution tampon de bicarbonate, aux résultats obtenus antérieurement (¹) en présence de phosphate, on constate que : 1° dans le cas de l'oxydation par l'oxygène moléculaire catalysée par le cuivre, en solution de bicarbonate, la réaction se stabilise au stade adrénochrome rouge, une molécule d'oxygène étant consommée par une molécule d'adrénaline, alors qu'en présence de phosphate, la réaction se poursuit après le stade adrénochrome pour aboutir à la formation d'un composé brun-madère, trois molécules d'oxygène étant consommées par une molécule d'adrénaline. Remarquons que dans des expériences où l'adrénaline se trouve tout d'abord en solution de bicarbonate, cette solution étant ultérieurement additionnée de phosphate, l'oxydation de l'adrénaline franchit le stade de l'adrénochrome rouge et évolue jusqu'à l'apparition de la teinte brun-madère. Dans ces dernières expériences, aucune mesure manométrique n'est possible du fait de l'action réciproque du phosphate et du bicarbonate (³), (⁴); 2° dans le cas de l'oxydation par le ferricyanure, en absence d'oxygène, en solution de bicarbonate, la réaction se stabilise à un stade caractérisé par une coloration rouge correspondant soit à l'adrénochrome, soit à l'un de ses proches dérivés, alors qu'en solution de phosphate, la réaction évolue jusqu'au stade brun-madère.

L'ensemble de ces faits met en évidence la participation du phosphate aux réactions d'oxydation de l'adrénaline et montre que cette intervention n'a certainement pas lieu avant le stade adrénochrome ; en effet les essais en présence de phosphate passent toujours par une phase rouge avant de devenir brun-madère et le phosphate fait passer au brun-madère les solutions rouges d'adrénochrome en milieu bicarbonaté; l'intervention du phosphate porterait soit sur l'adrénochrome lui-même, soit sur un de ses proches dérivés.

(²) E. HAAS, *Biochem., Z.*, 291, 1937, p. 79.

(³) V. H. BOOTH et F. J. W. ROUGHTON, *J. Physiol.*, 92, 1938, p. 36.

(⁴) F. J. W. ROUGHTON et V. H. BOOTH, *Biochem J.*, 32, 1938, p. 2049.

MICROBIOLOGIE. — *Nouvelle méthode permettant l'étude des modifications morphologiques et tinctoriales des bactéries en présence d'antibiotiques et en fonction de leur dénombrement.* Note de M. **Constantin Levaditi** et Mlle **Janine Henry-Eveno**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous venons de réaliser une nouvelle méthode [différente de celle des *décalques* (1)], permettant de suivre cinématographiquement l'évolution, en fonction du temps et du nombre des germes, des modifications morphologiques et tinctoriales (anargyrophilie) des micro-organismes soumis *in vitro* à l'influence des antibiotiques.

Technique. — Gélose solidifiée dans des boîtes de Petri, ensemencée avec des cultures de 24 heures (dessiccation à 37° pendant une heure). Insertion d'un tube de Heatley (2) A, dans lequel on verse 150^{mm^3} d'une solution donnée d'antibiotique. Incubation à 37° pendant 1, 4, 6, 7 et 17 heures. A chacun de ces intervalles, on place le tube de Heatley B en pleine zone de lyse, le tube B' à la périphérie de cette zone, et le tube C en dehors de la zone lysée (*voir* pour l'emplacement, le diagramme I). Au moment de l'examen, on verse dans chacun de ces tubes 150^{mm^3} d'eau physiologique (3), et, à l'aide d'une fine tige de verre, on met en suspension les germes présents sur la surface de la gélose correspondant au périmètre du tube de Heatley. Cette suspension sert à préparer des frottis et à déterminer le nombre de micro-organismes normaux ou dégénérés par millimètre carré, selon la formule de Thomas (cellule de Thoma-Zeiss) :

$$\frac{\text{Nombre de germes dénombrés} \times \text{dilution} \times 4000 \times 3,9}{\text{Nombre des carrés examinés}} \quad (4).$$

Les frottis sont colorés par la méthode de Fontana-Tribondeau. Le logarithme des nombres de germes servent à tracer les courbes des diagrammes I et II (5).

Nos recherches ont été effectuées avec *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Salmonella paratyphi* A et *Staphylococcus aureus*, en présence de 10000 U de pénicilline par centimètre cube. En voici les résultats :

Résultats. — *a. Escherichia coli* (*cf.* diagramme I). — Il résulte de ce tableau synoptique que, si dans C (hors de la zone de lyse), aucune entrave ne s'oppose à la pullulation des germes (nombre progressivement croissant), qui apparaissent normaux (prédominance des formes courtes), par contre en A

(1) C. Levaditi et J. Henry-Eveno, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1190; *Revue d'Immunologie*, 12, 1948, p. 193; les mêmes auteurs et A. Vaisman, *Revue d'Immunologie*, 13, 1949, p. 112.

(2) *Biochem. Journ.*, 38, 1944, p. 1.

(3) On complète au même volume le contenu du tube A, diminué du fait de la diffusion et de l'évaporation à 37°.

(4) Surface correspondant au tube de Heatley.

(5) Le calcul a été effectué par M. Giuntini.

(concentration antibiotique la plus élevée), un arrêt de la multiplication se produit (formes rares anargyrophiliques). Le maximum de la dégénérescence et de la chromasie des microbes apparaît en B [formes anargyrophiliques, avec

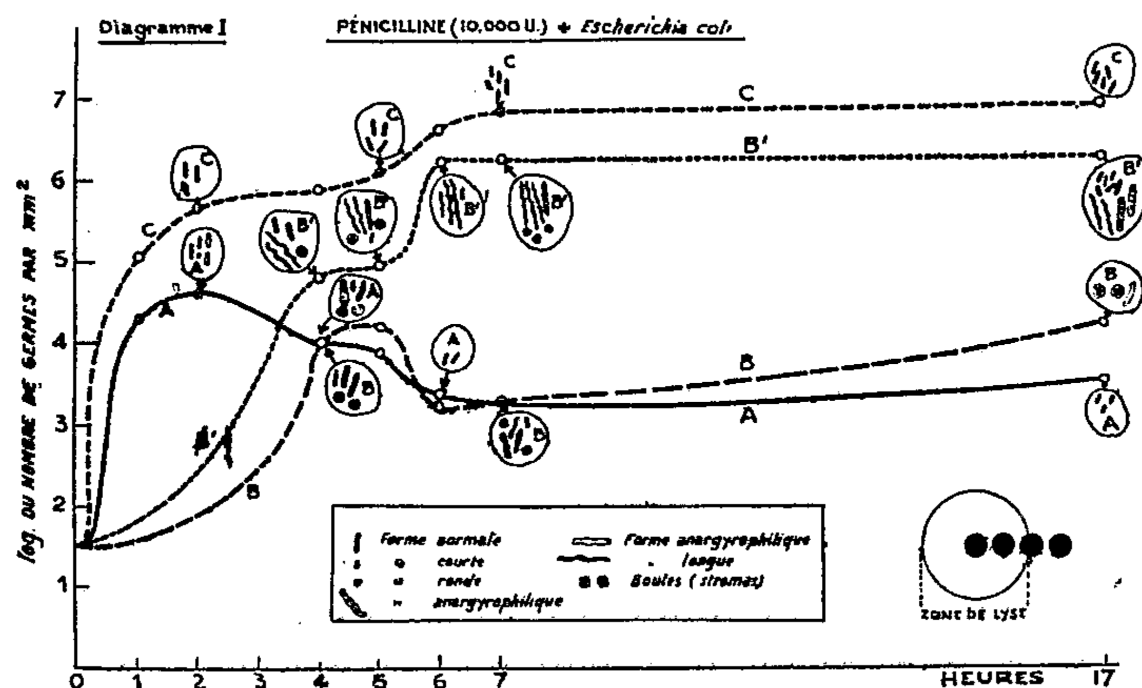


Fig. 1.

ou sans corpuscules intra-bactériens, boules (*stromas*)], là où la pénicilline diffusée se rencontre avec des microorganismes déjà en voie de segmentation. En B′ (limite de la zone de lyse), l'antibiotique, affaibli de par sa progression centrifuge, ne déclenche qu'un arrêt de la division, d'où prédominance des formes longues. En B et B′ le nombre des germes par millimètre carré est inférieur à celui de ces mêmes germes en C.

b. Proteus vulgaris (*cf.* diagramme II). Même processus que précédemment, avec les particularités que voici : les formes longues sont moins abondantes,

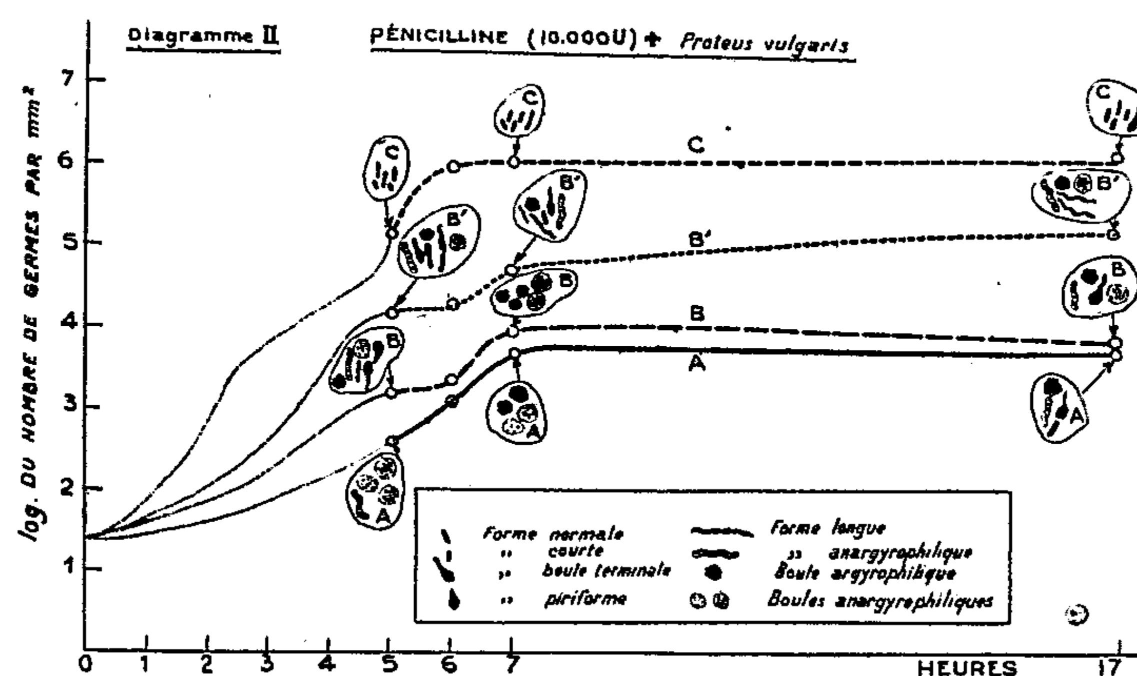


Fig. 2.

et, par ailleurs, on remarque une richesse extrême en corps sphéroïdes ou piriformes, lesquels prennent naissance soit le long du corps microbien, soit à l'une de ses extrémités, pour se libérer ultérieurement. Une structure interne

de ces formes est visible (granulations fines, ou corpuscules argyrophiliques provenant de l'enroulement sur lui-même d'un segment microbien). A retenir l'entrave de la multiplication du *Proteus*, directement proportionnelle à la concentration en antibiotique, au fur et à mesure que celui-ci diffuse excentriquement.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

L'Académie modifie comme il suit le règlement concernant les Correspondants :

1° Les six places de Correspondants qui, par suite d'une décision de l'Académie en date du 3 mars 1922, n'étaient pas affectées à une Section déterminée, sont attribuées, par voie d'extinction, conjointement, aux Divisions des Membres libres et des Applications de la science à l'industrie.

Au fur et à mesure des vacances, ces deux Divisions seront appelées à se réunir pour former la liste des candidats qui sera présentée à l'Académie.

2° La disposition réglementaire retirant le titre de Correspondant à ceux qui viennent habiter Paris est abrogée; est cependant maintenue celle suivant laquelle aucun savant résidant en Seine ou Seine-et-Oise ne pourra être élu Correspondant.

La séance est levée à 16h45m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 21 novembre 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Henry M. Schaerf*, Sur l'unicité des mesures invariantes :

Page 1054, 22e ligne, *au lieu de* $D = BA^{-1}$, *lire* $D \supset BA^{-1}$.
» » 30e ligne, *au lieu de* $\{A, D\} \cup B \times D$, *lire* $\{A, D\} \cap B \times D$.
» » 33e ligne, *au lieu de* $\int_B m(yA \subset B)\, dm(y)$, *lire* $\int_B m(yA \cap B)\, dm(y)$.

(*Comptes rendus* du 23 janvier 1950.)

Note présentée le 5 décembre 1949, de M. *Robert Esnault-Pelterie*, Il n'y a pas de systèmes UES ni UEM, il y a des systèmes d'unités dimensionnellement amorphes, dont les unités sont reliées par des coefficients indimensionnés, systèmes dont chacun peut être fait à volonté électrostatique ou électromagnétique :

Page 338, 4e ligne en remontant, *au lieu de* Induction (*self ou nuit*), *lire* Induction (*self ou mut.*).

Note présentée le même jour, de M. *André Charrueau*, Petits mouvements vibratoires d'un corps élastique avec propagation de discontinuités du premier ordre :

Page 361, 11e ligne, *au lieu de* $a^2 = (E/P)$, *lire* $a^2 = (E/\rho)$.

(*Comptes rendus* du 9 janvier 1950.)

Note présentée le 7 novembre 1949, de Mlle *Geneviève Paquien* et M. *Pierre Grivet*, Théorie du spectrographe bêta, type K. Siegbahn :

Page 198, 2e ligne, *au lieu de* $0{,}59\, H_0$, *lire* $1{,}14\, H_0$, et *au lieu de* $7{,}3\, H_0$, *lire* $4\, H_0$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1950 (*suite et fin*).

Traité pratique de chimie végétale à l'usage des laboratoires et de l'agronomie métropolitaine et coloniale. T. II, par A. Brunel. Tourcoing, Éditions Georges Frère, 1948; 1 vol. 27cm.

La préhistoire de l'analyse géométrique, par René Taton. Extrait des *Archives internationales d'histoire des sciences*, n° 10, 1950; 1 fasc. 24cm.

L'analyse géométrique et sa place dans l'œuvre de Gaston Darboux, par Georges Bouligand. Extrait des *Archives internationales d'histoire des sciences*, n° 10, 1950; 1 fasc. 24cm.

Hydrologia portuguesa 1943-1946, par Luiz de Menezes Corrêa Acciaiuoli. Lisbonne, Direcçao geral de Minas e serviços geologicos, 1947; 1 vol. 23cm.

Madagascar. Cartes géologiques de reconnaissance au 1/200.000. Nouvelles coupures. *Ampanihy* (604) F. G-60.61. Levers 1938, de Henri Besairie et Ch. Abadie; *Bekily* (605) H. I-60.61. Levers 1938 et 1943, de Henri Besairie; *Tsivory* (606) J. K-60.61. Levers 1944, de Henri Besairie et E. Rakotondramazava; *Esira* (607) L. M-60.61. Levers 1944, de Henri Besairie et E. Rakotondramazava; *Manantenina* (608) N. O-60.61. Levers 1944, de Henri Besairie et E. Rakotondramazava; *Ampotaka* (624) F. G-62.63. Levers 1934 et 1944, de Henri Besairie; *Tsihombe* (625) H. I-62.63. Levers 1939 et 1944, de Henri Besairie; *Ambovombe* (626) J. K-62.63. Levers 1939, de Henri Besairie et Ch. Abadie; *Behara* (627) L. M-62.63 et *Fort Dauphin* (628) N. O-62.63. Levers 1928, 1939, 1944, de Henri Besairie. Tananarive, Bureau géologique, Service des Mines; 9 cartes 74cm × 56cm.

Géologie stratigraphique, par Maurice Gignoux. Paris, Masson et Cie, 1950; 1 vol. 26cm,5.

Méthodes nouvelles pour le calcul des chambres d'équilibre, par Léopold Escande. Paris, Dunod, 1950; 1 vol. polycopié 27cm,5.

Bibliothèque de la science moderne. *Éléments de physique moderne théorique*, par Georges Guinier. I. *Mécanique ondulatoire*. Paris, Bordas, 1949; 1 vol. 24cm.

Deux siècles d'horlogerie. Les Le Paute, Conférence prononcée le 17 mai 1949, par Alexandre Bertrand; 1 fasc. 28cm,5.

Thèses présentées à la Faculté des sciences de l'Université de Montpellier pour obtenir le titre d'ingénieur-docteur, par Léonce Deibner. 1re thèse : *Microdosage iodométrique du fer et son application au dosage du fer dans les vins et les jus de raisin*; 2e thèse : *Proposition donnée par la Faculté*. Paris, Dunod, 1949; 1 fasc. 24cm.

Ministère de l'Éducation nationale. Comité des travaux historiques et scientifiques. *Soixante-quinzième Congrès des Sociétés savantes de Paris et des Départements, à Nancy*, 1950. *Programme*; 1 fasc. 23cm,5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 FÉVRIER 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

TOPOLOGIE. — *Les espaces biconnexes*. Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Démonstration du théorème : *Dans un espace compact, métrique, biconnexe, si deux régions (ensembles ouverts uniconnexes) sont disjointes, mais ont deux points-frontières communs, la frontière de chacune d'elles est uniconnexe entre ces deux points.* Vraisemblance d'une généralisation possible, la *s*.i-connexité remplaçant la biconnexité.

J'ai défini dans ma dernière Note (1) les notions particulières admises ci-après. En outre, je nomme *région* d'un espace U un ensemble ouvert et uniconnexe dans U, *domaine* la réunion d'une région et de sa frontière. Je note $\underline{G}$ l'intérieur de l'ensemble G dans U.

Le plan U_2 est orientable. Si AB est un segment parcouru de A en B, on peut distinguer les deux carrés de côté AB, l'un étant qualifié de positif, l'autre de négatif; et un déplacement continu et fermé de AB, accompagné du carré positif bordé par lui, nous ramène à la position initiale du carré positif.

Soit R_k le quadrillage du plan des x_1x_2 formé par les carrés fermés $g(0 \leq 2^k x_i - p_i \leq 1$; $i = 1, 2$; p_i entier quelconque). Nous appelons sommets, côtés de R_k les sommets, les côtés des carrés g. Le voisinage positif dans R_k d'un côté (segment) AB de R_k sera le carré positif de côté AB diminué de AB et du côté opposé. Soient AB, BC deux côtés de R_k et $g(B)$ l'ensemble des quatre carrés de sommet B; ABC divise $g(B)$ en deux parties composées de 1, 2 ou 3 carrés. Diminuées de leurs frontières (sauf des côtés perpendiculaires en A à AB, en C à BC), ces parties seront l'une le voisinage positif, l'autre le voisinage négatif de ABC. Si L est une ligne fermée, formée de côtés de R_k, soit AB, BC_1, C_1C_2, ..., $C_{n-1}A$, et simple (tous les côtés sont distincts et deux côtés non consécutifs dans l'énumération sont disjoints, sauf le premier

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 693.

et le dernier), L a deux voisinages dans R_k, l'un positif, l'autre négatif, réunissant les voisinages de même qualification des trajets $C_{i-1}C_iC_{i+1}$ ($A = C_{-1}$, $B = C_0 = C_{n+1}$, $i = 0, \ldots, n-1$). Chacun de ces voisinages est une région de U_2.

Soit G un ensemble formé de carrés de R_k et dont la frontière est bornée. Soit AB un côté frontière de G parcouru de façon que le carré positif g_1 de côté AB soit dans G, le carré négatif g_2 étant dans $\overline{U_2 - G}$. Il n'y a qu'un seul côté BC et un seul côté DA tels que respectivement les voisinages positifs de ABC et de DAB dans R_k appartiennent à G; AB ayant un seul conséquent et un seul précédent, d'autre part le nombre des côtés-frontières de G étant fini, le côté AB définit un cycle de côtés-frontières de G distincts, commençant par AB et se terminant par DA. Le cycle possède un voisinage positif appartenant à G et ce voisinage est une région. Le voisinage négatif du cycle n'existe que si le cycle est une ligne simple.

Soient g'_1, g'_2, A', C' les symétriques de g_1, g_2, A, C par rapport à B. Supposons que g'_1 soit dans G et g'_2 dans $\overline{U_2 - G}$. Le côté A'B est frontière de G et son conséquent est BC'; B est un sommet-frontière double. Nous le considérons comme la réunion de deux sommets *précisés* B', B'' déterminés respectivement par les sommets précédents A et A'.

Dans le réseau R_{k+p} ($p \geqq 1$), soit $g_p(B)$ la réunion des quatre carrés de sommet B. Soient $g_{1.p} = g_1 . g_p(B)$, $g_{2.p} = g_2 . g_p(B)$, et de même $g'_{1.p}$, $g'_{2.p}$. Ces quatre carrés $g_{i.p}$, $g'_{i.p}$ ont pour sommets, outre B, les points a_p, c'_p, a'_p, c_p sur AA' et C'C, et, opposés à B : B'_p pour $(g_{1.p})$, $\beta'_p(g_{2.p})$, $B''_p(g'_{1.p})$, $\beta''_p(g'_{2.p})$. Soit enfin $G_p = \overline{G - g_p(B).G}$ et $G' = G_p + g_p(B).(U_2 - G)$; G_p et G'_p sont fermés, formes de carrés de R_{k+p}, et leurs cycles frontières ne contiennent plus de sommet double dans $g(B)$, mais les trajets $A a_p B'_p c_p C$ et $A' a'_p B''_p c'_p C'$ pour G_p, $A a_p \beta'_p c'_p C'$ et $A' a'_p \beta''_p c_p C$ pour G'_p. Les sommets précisés B', B'' sont les positions limites de B'_p et de B''_p quand p croît. Il est essentiel d'observer que si $\underline{g_1}$ et $\underline{g'_1}$ sont dans une même région de $\underline{G}$, $g_1 . \underline{G_p}$ et $\underline{g'_1 . G_p}$ sont dans une même région de $\underline{G_p}$. Et pareillement si $\underline{g_2}$ et $\underline{g'_2}$ sont dans une même région de $\underline{U_2 - G}$, $\underline{g_2 . G'_p}$ et $\underline{g'_2 . G'_p}$ sont dans une même région de $\underline{U_2 - G'_p}$.

Théorème. — *L'espace* U *étant supposé compact, métrique et biconnexe, si deux régions* H_1 *et* H_2 *de* U *sont disjointes et ont deux points frontières communs* A *et* B, *la frontière de* H_1 *et celle de* H_2 *dans* U *sont uniconnexes entre* A *et* B.

Soit $C = C_0$ un point de H_1. Il existe dans H_1 une suite de points C_{-1}, C_{-2}, ... tendant vers A et une suite C_1, C_2, ... tendant vers B. Nous pouvons joindre C_{i-1} à C_i dans H_1 par un uniconnexe fermé. U étant compact, la réunion de tous ces ensembles, accrue de leur ensemble d'accumulation, est un uniconnexe fermé Γ_1, inclus dans U, joignant A à B et dont tout point est à distance nulle de H_1. Pareillement, nous pouvons joindre A à B par un uni-

connexe fermé Γ_2 dont tout point est à distance nulle de H_2, donc étranger à H_1 qui est ouvert. Appliquons la définition de la biconnexité de U au doublet (Γ_1, Γ_2).

Pour tout ε positif, il existe deux entiers positifs n et p tels qu'à tout point $m_{i,j}(i\delta, j\delta)$ du plan des $x_1 x_2$, pour $0 \leqq i \leqq n$, $-p \leqq j \leqq p$, il correspond dans U un point $M_{i,j}$, les conditions suivantes étant vérifiées : $M_{0,j} = A$, $M_{n,j} = B$ indépendamment de j; $M_{i,p}$ sur Γ_1, $M_{i,p}$ sur Γ_2, quel que soit i; dist. $M_{i,j}M_{i',j'} < \varepsilon$ si $|i'-i|+|j'-j| = 1$.

Soit ρ le rectangle de sommets $a = m_{0,p}$, $b = m_{0,-p}$, $c = m_{n,-p}$, $d = m_{n,p}$ et R le quadrillage du plan défini par les droites $x_1 = i\delta$, $x_2 = j\delta$ (i et j quelconques). Soit G l'ensemble des carrés de R inclus dans ρ et dont au moins un sommet $m_{i,j}$ correspond à un point $M_{i,j}$ situé à distance nulle de H_1; G contient tous les carrés bordant les côtés ab, bc, cd de ρ. Les points $m_{i,j}$ situés sur ce contour $abcd$ sont des sommets-frontières *simples* de G. Leur suite commencée par a est le début d'un cycle s'achevant par une chaîne de points $\nu_0 = d, \ldots, \nu_r, \ldots, \nu_k = a$, étrangers (sauf les deux extrêmes) au parcours antérieur $abcd$.

Si $\nu_r = m_{i',j'}$, soit $N_r = M_{i',j'}$. Tout point ν_r étant frontière à G, est sommet d'un carré de R dont un sommet $m_{i,j}$ correspond à un $M_{i,j}$ situé à distance nulle de H_1. D'après $|i'-i|+|j'-j| = 1$ ou 2, N_r est à une distance de H_1 inférieure à 2ε. D'autre part, N_r est étranger à H_1. En effet, ou bien ν_r est sur le côté dc de ρ et alors N_r est sur Γ_2, donc à distance nulle de H_2; ou bien ν_r est intérieur à ρ. Il est sommet d'un carré étranger à G. Donc la distance de N_r à H_1 est positive. La chaîne $A = N_0, N_1, \ldots, N_{k-1}, N_k = B$, de pas inférieur à ε, est étrangère à H_1 et tous ses points en sont distants de moins de 2ε. L'ensemble d'accumulation de cette chaîne est un uniconnexe fermé inclus dans la frontière de H_1. Celle-ci est donc uniconnexe relativement au doublet (A, B). Même conclusion pour la frontière de H_2.

J'ai énoncé ce théorème en 1911. J'en ai fréquemment donné dans mes cours, mais sans la publier, une démonstration identique dans son principe à la précédente.

Le théorème est vrai pour tout espace cartésien. Il est inexact snr le tore qui n'est pas biconnexe. La démonstration ne s'étend pas immédiatement à l'énoncé suivant, cependant très vraisemblable :

Si, dans un espace compact et s.i-connexe U, *les deux régions* $(s-1)$.*i-connexes* H_1 *et* H_2 *sont disjointes, mais ont un doublet frontière commun* D_{s-2} *d'ordre* $(s-2)$, *la frontière de* H_1 *et celle de* H_2 *sont* $(s-1)$.*i-connexes relativement à* D_{s-2}.

La frontière de l'ensemble généralisant G dans U_s ne possède la $(s-1)$.*i*-connexité que sauf une erreur tendant vers 0 avec ε.

Le théorème sur la biconnexité des espaces joue un rôle très important

pour la topologie du plan. Celle des espaces cartésiens à plus de deux dimensions l'utilise aussi, mais il est alors nécessaire de considérer également les connexités d'ordre supérieur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La fermentation du sucre par la levure produit-elle normalement du méthanol?* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

Nos expériences sur la composition chimique du vin ont, entre autres choses, confirmé que de petites quantités de méthanol accompagnent l'alcool ordinaire ([1]). On s'est déjà demandé si la levure peut former du méthanol aux dépens du sucre, en même temps que d'autres produits secondaires de la fermentation alcoolique, comme l'avait reconnu Pasteur pour le glycérol et pour l'acide succinique.

J. Wolff a, le premier, tenté de répondre à cette question par l'expérience. Il a déclaré n'avoir pas trouvé d'alcool méthylique dans l'alcool de la fermentation du sucre blanc cristallisé sous l'action du ferment du vin ([2]). Th. von Fellenberg a accrédité cette opinion ([3]), mais Michel Flanzy a soutenu, par contre, qu'une certaine quantité d'alcool méthylique est produite par fermentation du glucose et du fructose, à l'exclusion de tout autre principe immédiat. Flanzy a opéré avec deux levures : *Saccharomyces ellipsoideus* Handsen et *Schizosaccharomyces Pombe* Lintner. Avec la première, il a obtenu, pour 17^g de sucre consommé, respectivement 68 et 46^{mg} d'alcool méthylique et avec la seconde 70 et 44^{mg} ([4]).

Nous avons tenu à examiner à notre tour cette question dont l'importance dépasse celle de la présence du méthanol dans le vin.

Nous avons opéré en plusieurs fois avec neuf sortes de levures provenant de la collection entretenue dans le laboratoire de M. le prof. Lemoigne à l'Institut Pasteur.

Dans la plupart de ces expériences, nous avons employé comme milieu de culture une solution aqueuse de peptone, dite bactériologique, à 15 g/l. Cette solution était répartie, par portions de 100^{cm^3}, dans des matras d'un quart de litre auxquels étaient ajoutés soit 10^g, soit 15^g de saccharose pur cristallisé. La stérilisation a duré 15 minutes à la température de $+110°$. Au fur et à mesure des ensemencements, les tampons d'ouate qui obturaient les matras ont été remplacés par des bouchons de caoutchouc munis d'une soupape de Bunsen, stérilisés en même temps que les matras.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1281.
([2]) *Comptes rendus*, 131, 1900, p. 1323.
([3]) *Biochem. Zts.*, 85, 1918, 45.
([4]) *Ann. des Falsif.*, 28, 1935, p. 260, et Thèse de Doct. ès Sciences, Toulouse, 1934.

Les fermentations, réalisées dans une chambre maintenue à la température de +23-25°, ont marché régulièrement et semblaient complètes après 3 à 4 jours, sauf comme on le voit dans le tableau ci-joint, avec la levure de Chambertin qui agissait plus lentement et la levure apiculée qui n'a presque pas produit d'alcool. On a commencé les analyses après 6 jours de fermentation pour les matras à 10^g de sucre et après 12 jours pour les matras à 15^g. Les alcools à doser ont d'abord été ramenés à 25$^{cm^3}$ par deux distillations fractionnées, puis on a déterminé chaque fois sur 1$^{cm^3}$: l'alcool éthylique à l'aide du bichromate, le méthanol par oxydation en aldéhyde formique et application du réactif de Schiff, selon la méthode que nous avions déjà utilisée pour les vins ([5]).

TABLEAU I.

Noms des levures utilisées.	Milieu de culture.	Saccharose (g).	Alcools trouvés en grammes par matras Éthylique.	Méthylique.
De boulangerie (Springer)..	peptone	10	4,69	indécelable, soit < 0,0001
» ..	»	15	6,04	»
De Champagne (Ay).......	»	10	4,37	»
»	»	15	6,04	»
De bière haute............	»	10	4,37	»
»	»	15	5,83	»
De bière basse............	»	10	4,69	»
»	»	15	6,25	»
De distillerie.............	»	10	4,06	»
»	»	15	5,83	»
De Chambertin............	»	10	1,25	»
»	»	15	2,27	»
Sacch. ellipsoideus........	»	10	4,53	»
»	»	15	6,25	»
Schizosacch. Pombe	»	10	4,69	»
»	»	15	6,25	»
Pseudosacch. apiculatus....	»	10	0,12	»
»	»	15	0,15	»

Aucune des levures n'a produit de méthanol. D'après nos expériences de contrôle, la limite inférieure de reconnaissance du méthanol dans les conditions où nous étions placés était de 2 à 3$^\gamma$ dans 1$^{cm^3}$. L'observation, encore incertaine, avec 2$^\gamma$ ne l'était plus avec 3. Comme la totalité du méthanol d'un matras était diluée dans les 25$^{cm^3}$ de la distillation finale, il fallait qu'il y eut au moins 50$^\gamma$ de méthanol produit par fermentation pour que l'on commence à en entrevoir la présence; avec 75$^\gamma$, cette présence n'échappait plus. Comme dans aucune des analyses il n'a été reconnu le moindre indice de méthanol, on

([5]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 245.

peut donc admettre que s'il en avait été produit, c'est une quantité inférieure à $0^{mg},075$ (soit, en nombre rond, moins de 1/10e de milligramme par matras de 100^{cm^3}).

La levure apiculée (*Pseudosaccharomyces apiculatus* Rees-Hansen) ne sécrétant pas de sucrase, n'a pu utiliser que la petite proportion de saccharose ayant subi l'hydrolyse durant la stérilisation du milieu de culture et le séjour dans la chambre thermostat. Mais elle fait fermenter activement le glucose et le fructose qui existent dans le jus de beaucoup de fruits, celui de pommes, par exemple. Nous l'avons remise en culture, mais dans de l'eau de touraillons, meilleure pour elle que la solution de peptone. Cette eau a été préparée en faisant bouillir 60^g de radicelles d'orge germé desséchées avec un litre d'eau, pendant 15 minutes. Après filtration, les matras ont été garnis avec 100^{cm^3} de ce liquide auquel on a ajouté soit du saccharose, soit du glucose.

TABLEAU II.

Nom de la levure utilisée.	Milieu de culture.	Saccharose (en g).	Glucose (en g).	Alcools trouvés (en g). Éthylique.	Méthylique.
Pseudosaccharomyces apiculatus	Eau de touraillons	10	–	0,370	0,0006
»	»	15	–	0,500	0,0006
»	»	–	10	4,170	0,0007
»	»	–	15	4,580	0,0008

La levure apiculée n'ayant pas produit davantage de sucrase dans le nouveau milieu que dans le premier, n'y a pas fait non plus fermenter le saccharose (expérience témoin), mais elle a très facilement réussi, au contraire, à transformer le glucose. Et, cette fois, on a trouvé à l'analyse, non seulement de l'alcool éthylique, mais aussi une petite quantité de méthanol.

Ce dernier ne provenait pas de la fermentation de la substance sucrée ajoutée à l'eau de touraillons, il était dû à l'hydrolyse, d'ailleurs facile, de composés méthyliques du type de la pectine.

En opérant avec de l'eau de touraillons seule, non pas exactement celle qui avait été utilisée pour les cultures, mais une nouvelle préparation obtenue de la même manière, nous avons trouvé que 100^{cm^3} donnaient par hydrolyse barytique totale ([6]), $0^{mg},83$ de méthanol et constaté, d'autre part, que la simple distillation suffisait déjà à libérer une partie de cet alcool.

Comme les quantités de méthanol dosées dans les cultures ne sont pas supérieures à celles que l'eau de touraillons seule était capable de donner, il est évident que la levure apiculée est aussi incapable que les autres de fournir du méthanol au cours d'une fermentation éthylique normale. Dans les expé-

([6]) G. BERTRAND et G. BROOKS, *Ann. des Ferment.*, 5, 1940, p. 537 ou *Ann. agr.*, 10, 1940, p. 349.

riences de Flanzy, il est supposable que le curieux résultat observé par cet expérimentateur est dû à l'insuffisance des éléments nutritifs de son milieu artificiel de culture.

En résumé, les levures qui transforment le saccharose et d'autres sucres en alcool éthylique dans les conditions normales de leur développement ne produisent pas aussi de méthanol. On ne peut donc attribuer la présence de ce dernier dans les jus de fruits fermentés à l'action d'une levure sur les sucres.

M. **Maurice Caullery** fait hommage à l'Académie de la seconde édition de son Ouvrage : *Le Parasitisme et la Symbiose*. Elle a été notablement remaniée pour tenir compte des travaux récents, particulièrement en ce qui concerne la symbiose.

M. **Elias Melin** adresse à l'Académie un Mémoire intitulé : *Der Einfluss von Waldstreuextrakten auf das Wachstum von Bodenpilzen, mit besonderer Berücksichtigung der Wurzelpilze von Bäumen*, inséré dans le tome 8 : 3 de *Symbolæ botanicæ Upsalienses*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Encyclopédie entomologique. XXV. *Contribution à l'Étude des Effets optiques sur les ailes des Papillons*, par René Catala (présenté par M. P.-P. Grassé).

2° Commission nationale du Livre français à l'Étranger. *Rapport général et Annexes*.

3° *Parasites endocellulaires hématospirochètes. Travaux du Docteur Eugène Folley*, par Louis Vincent.

4° *Première Conférence Internationale des Africanistes de l'Ouest*. Extrait des *Comptes rendus*, Tome I.

5° *Hungarian technical Abstracts* (Journal of the National Office of Inventions).

ALGÈBRE. — *Anneaux à puissances commutatives et anneaux flexibles.* Note (*) de M. **Raymond Raffin**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous considérons des anneaux non associatifs, nous distinguons parmi eux des anneaux ayant certaines propriétés de commutativité ou d'associativité. Nous étudions des conséquences de la loi de flexion ([1]) et nous montrons notamment que si la caractéristique est première à 2, cette loi entraîne la commutativité du sous-anneau engendré par n éléments qui commutent entre eux.

Nous classons les anneaux suivants par ordre de généralité décroissante (le cas α_4 ne rentre dans cet ordre que pour les anneaux monogènes) :

(α) Anneaux quelconques désignés par $\mathfrak{A}$.

(α_1) Anneaux caractérisés par la propriété $xx^2 = x^2 x (x^3)$ pour tout élément x.

(α_2) *Anneaux à puissances principales uniques* tels que $xx^n = x^n x (= x^{n+1})$ pour tout élément x et tout entier naturel n.

(α_3) *Anneaux à puissances principales commutatives* tels que pour tout élément x et tout couple d'entiers naturels p et q on ait $x^p x^q = x^q x^p$.

(α_4) Anneaux flexibles ([1]).

(α_5) *Anneaux à puissances commutatives* tels que toute puissance (mixte) y d'un élément, commute avec toute puissance (mixte) z du même élément : $yz = zy$.

(α_6) Anneaux à puissances associatives ([1]).

Nous désignerons par $\mathfrak{A}_i (i > 0)$ un anneau placé sous la rubrique α_i.

Théorème 1. — *Tout anneau flexible est à puissances principales commutatives.*

Posons $[ab] = ab - ba$. On a d'abord :

Lemme 1. — *Si x, y et z sont trois éléments, qui commutent entre eux, d'un anneau flexible quelconque, on a la relation :*

$$[(xy)z] = [x(yz)]. \qquad (1)$$

En effet l'équation (1) provient de la linéarisation ([1]) de la loi flexible et des équations $xy = yx$, $yz = zy$, $zx = xz$.

Démontrons alors le théorème :

1° On a, n étant un nombre naturel quelconque, $[xx^n] = 0$, (x étant un élément quelconque). En effet, en faisant $y = x$ dans $x(yx) = (xy)x$, il vient $xx^2 = x^2 x$. Supposons $xx^{n-1} = x^{n-1} x$, on a alors :

$$xx^n = x(x^{n-1} x) = (xx^{n-1}) x = x^n x.$$

2° Supposons que, si x et y sont des puissances principales (non nulles) d'un élément u de l'anneau, telles que le degré de xy ne dépasse pas n, on

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) A. A. Albert, *Transactions of the Am. Math. Soc.*, vol. 64, 1948, p. 552 et suivantes. Un anneau est flexible si $(xy)x = x(yx)$.

ait $[xy]=0$. Considérons un troisième élément z puissance principale (non nulle) de u, de telle sorte que le degré de $(xy)z$ soit $n+1$. Par hypothèse x, y et z commutent et satisfont par suite à la formule (1), l'application de cette formule donne $(0<p<n)$:

$$0=[x^n x]=[(x^{n-1}x)x]=[x^{n-1}x^2]$$
$$=[(x^{n-2}x)x^2]=[x^{n-2}x^3]=\ldots=[x^{n-p}x^{p+1}],$$

THÉORÈME 2. — *Dans tout anneau flexible on a les relations*

$$[(x^p x^q)x^r]=[x^p(x^q x^r)],\qquad [(x^p x^p)x^q]=[x^p(x^p x^q)]=0,\qquad (x^m x^n)x=x(x^m x^n),$$

(*m, n, p, q, r, nombres naturels, x élément quelconque de l'anneau*).

Ce sont des conséquences de l'équation (1).

COROLLAIRE 1. — *Dans tout anneau flexible, deux puissances (mixtes) quelconques d'un élément arbitraire commutent tant que la somme de leurs degrés est inférieure* [2] *à* 7.

Il suffit de particulariser, très peu, l'anneau pour qu'il en résulte la commutativité de toutes les puissances.

Démontrons alors le lemme suivant :

LEMME 2. — *Si x, y et z sont trois éléments, qui commutent entre entre eux, d'un anneau flexible quelconque, on a la relation*

$$2[(xy)z]=0. \tag{2}$$

En effet l'équation (1) s'écrit

$$[(xy)z]+[(yz)x]=0. \tag{1'}$$

Permutons circulairement les lettres x, y, z et ajoutons les trois formules ainsi obtenues, il vient

$$2[(xy)z]+2[(yz)x]+2[(zx)y]=0.$$

En ajoutant à cette dernière l'équation (1') multipliée par -2 et en permutant les lettres, on obtient l'équation (2).

Considérons, maintenant, dans un anneau flexible, n éléments $u_1, u_2, \ldots, u_n$ qui commutent entre eux. Supposons que deux produits *quelconques* d'éléments u_i (si des éléments manquent leur puissance sera 0) commutent tant que le degré total en $u_1, u_2, \ldots, u_n$ ne dépasse pas k : alors pour le degré $k+1$ la formule (2) s'applique, ce qui démontre par récurrence les théorèmes suivants :

THÉORÈME 3. — *Tout anneau flexible de caractéristique première à 2 est un anneau à puissances commutatives.*

THÉORÈME 4. — *Dans tout anneau flexible de caractéristique première à 2,*

---

(2) Si l'on considère dans un anneau flexible quelconque les 11 commutateurs $[xy]$ tels que le degré de xy soit 7, il y en a parmi eux 2, au plus, qui ne sont pas nuls.

tout sous-anneau, engendré par n éléments quelconques qui commutent entre eux, est commutatif.

COROLLAIRE 2. — *Si dans un anneau flexible de caractéristique première à 2, un élément x admet un inverse bilatère t, le sous-anneau $[x, t]$ est commutatif.*

ALGÈBRE DES ENSEMBLES. — *Quelques propriétés des applications multiformes.* Note (*) de Mme **MARIE-LOUISE DUBREIL-JACOTIN**, présentée par M. Henri Villat.

Soient f une application multiforme d'un ensemble E sur un ensemble E', $f(x)=X'\in\mathfrak{P}(E')$, et f^{-1} l'application inverse. *La famille $\mathcal{M}$ des $S\subseteq E$ tels que $f^{-1}f(S)=S$ est un corps complet d'ensembles.* Les S minimaux définissent une partition $\mathcal{M}$ de E, à laquelle correspond une équivalence $\mathcal{C}$: $E/\mathcal{C}$ *et l'ensemble analogue* $E'/\mathcal{C}'$ *se correspondent biunivoquement.*

Considérons dans E la relation $\mathcal{C}$ exprimant que deux éléments appartiennent à une même image inverse

$$(1)\quad x_1\mathcal{C}x \rightleftharpoons x_1\in f^{-1}f(x) \rightleftharpoons \exists x' \text{ tel que } x_1\in f^{-1}(x') \;\&\; x\in f^{-1}(x') \rightleftharpoons x\in f^{-1}f(x_1)$$

et rappelons les propriétés classiques

$$(2)\qquad f\Big(\bigcap_{A_i\in\Phi} A_i\Big)\subseteq\bigcap_{A_i\in\Phi} f(A_i),\qquad \Phi\subseteq\mathfrak{P}(E),\qquad f\Big(\bigcup_{A_i\in\Phi} A_i\Big)=\bigcup_{A_i\in\Phi} f(A_i),$$

$$(3)\qquad f^{-1}f(A)\supseteq A,\qquad (f^{-1})^{-1}=f,\qquad ff^{-1}(A')\supseteq A',$$

l'égalité $ff^{-1}(A')=A'$ ayant lieu quand f est uniforme.

Un sous-ensemble S de E est *stable* si et seulement si $f^{-1}f(S)=S$.

Étudions la famille $\mathcal{M}$ des sous-ensembles stables de E.

1° $\mathcal{M}$ *n'est pas vide* (car $E\in\mathcal{M}$).

2° $\mathcal{M}$ est *fermée* (ou stable) *vis-à-vis de toute intersection.*

En effet, si $V=\bigcap_{S\in\Phi} S$, $\Phi\subseteq\mathcal{M}$, on a $f(V)\subseteq\bigcap_{S\in\Phi} f(S)$, donc

$$f^{-1}f(V)\subseteq f^{-1}\Big(\bigcap_{S\in\Phi} f(S)\Big)\subseteq\bigcap_{S\in\Phi} f^{-1}f(S)=\bigcap_{S\in\Phi} S=V,$$

qui, joint à (3), donne bien $f^{-1}f(V)=V$.

3° $\mathcal{M}$ *est fermée pour toute réunion.* Soit $W=\bigcup_{S\in\Phi} S$, $\Phi\subseteq\mathcal{M}$, on a

$$f^{-1}f(W)=f^{-1}f\Big(\bigcup_{S\in\Phi} S\Big)=\bigcup_{S\in\Phi} f^{-1}f(S)=\bigcup_{S\in\Phi} S=W.$$

LEMME. — *Soit* $S\in\mathcal{M}$, $A\in\mathfrak{P}(E)$ *disjoints, alors* S *et* $f^{-1}f(A)$ *sont disjoints.*

Sinon, il existerait un x tel que $x\in S$ & $x\in f^{-1}f(A)$, donc un $x_1\in A$ tel que $x\in f^{-1}f(x_1)$, d'où d'après (1) $x_1\in f^{-1}f(x)\subset f^{-1}f(S)=S$ et A et S ne seraient pas disjoints.

(*) Séance du 20 février 1950.

4° Si $S_1 \in \mathcal{M}$, $S_2 \in \mathcal{M}$ et si $S_1 \subseteq S_2$, $C = S_2 - S_1 \in \mathcal{M}$.

On a, en effet, $C \cap S_1 = \emptyset$ donc $f^{-1}f(C) \cap S_1 = \emptyset$. Mais, d'autre part,

$$f^{-1}f(S_2) = S_2 = f^{-1}f(C) \cup f^{-1}f(S_1) = f^{-1}f(C) + S_1 \quad \text{et} \quad f^{-1}f(C) = S_2 - S_1 = C.$$

La famille $\mathcal{M}$ des S forme donc un *corps complet d'ensembles* (1).

La famille $\mathcal{M}$ est un système partiellement ordonné par rapport à l'inclusion. Considérons la *sous-famille $\mathcal{N}$ de $\mathcal{M}$ constituée par les* S *minimaux*, qui seront désignés par σ. Montrons d'abord que *$\mathcal{N}$ n'est pas vide.* Soit $x \in$ E. Considérons l'intersection de tous les S contenant x, soit S_x. Je dis que $S_x \in \mathcal{N}$. En effet, s'il n'en était pas ainsi, il existerait un $S \subset S_x$ où S, d'après la définition de S_x, ne peut contenir x; mais alors $S - S_x$ est un $S \subset S_x$ et contenant x, ce qui est impossible aussi. Tout x appartient donc à un σ. Comme deux σ, d'après leur définition, sont nécessairement disjoints, la famille $\mathcal{N}$ *forme une partition de* E. Soit $\mathcal{C}$ l'équivalence correspondante : $x\mathcal{C}y \rightleftharpoons x \& y \in \sigma (= S_x = S_y)$.

Propriétés de $\mathcal{C}$. — Si f est uniforme, $\mathcal{C}$ n'est pas autre chose que l'équivalence d'application $\mathcal{F}$ qui est identique également à la relation binaire $\mathcal{T}$. Dans le cas général d'une application f multiforme, $\mathcal{T}$ n'est pas transitive. On peut lui associer l'équivalence Γ :

$$x\Gamma y \rightleftharpoons \exists x_1, \ldots, x_n \in \mathrm{E} \quad \text{tels que} \quad x\mathcal{T}x_1, \ldots, x_i\mathcal{T}x_{i+1}, \ldots, x_n\mathcal{T}y.$$

qui est la fermeture transitive de $\mathcal{T}$, donc la plus petite équivalence contenant $\mathcal{T}$ (2). Mais, d'après (1) :

$$(\alpha) \qquad x\Gamma y \rightleftharpoons y \in f^{-1}ff^{-1}f\ldots f^{-1}f(x) \qquad \text{(un nombre fini de fois)}$$

donc on a $\Gamma = \mathcal{C}$, car (α) montre que si W est une classe modulo Γ, on a $f^{-1}f(\mathrm{W}) \subseteq \mathrm{W}$, donc d'après (3) W est un ensemble stable, et, comme il est contenu dans un σ, il lui est nécessairement égal.

S'il existe des $S \neq E$, l'espace topologique E, où les S sont les ensembles ouverts (et fermés), n'est pas connexe : $\mathcal{N}$ est la partition de E en composantes connexes.

On considère de même dans E' la famille $\mathcal{M}'$ des ensembles S' tels que $F^{-1}F(S') = S'$, avec $F = f^{-1}$, la famille $\mathcal{N}'$ des S' minimaux σ', et l'équivalence $\mathcal{C}'$ correspondant à la partition $\mathcal{N}'$. Soit alors $S \in \mathcal{M}$, on a d'après (3) $F^{-1}Ff(S) = ff^{-1}f(S) = f(S)$, donc $f(S) = S' \in \mathcal{N}'$ et $F(S') = S$, ce qui montre qu'il y a correspondance biunivoque entre $\mathcal{M}$ et $\mathcal{M}'$ et aussi, puisque cette correspondance conserve l'inclusion, entre les ensembles quotients $\overline{\mathrm{E}} = \mathrm{E}/\mathcal{C}$ et $\overline{\mathrm{E}'} = \mathrm{E}'/\mathcal{C}'$.

La relation $\overline{\mathrm{E}} \simeq \overline{\mathrm{E}'}$ généralise la relation $\mathrm{E}/\mathcal{F} \simeq \mathrm{E}'$ du cas classique de l'application uniforme f (3).

---

(1) *Voir* par exemple *Duke mathematical Journal*, Vol. 9, n° 3, 1942, p. 577.

(2) *Voir* Garrett Birkhoff, *Lattice Theory*, p. 50 (ex. 7) et p. 5 (ex. 5).

(3) *Voir* P. Dubreil, *Algèbre*, p. 23.

Exemples. — 1° Prenons pour E (et E′) l'ensemble des points d'une droite euclidienne D (et D′ parallèle à D). A tout $x \in E$, f associe l'ombre projetée X′ de ce point par un cercle situé entre D et D′. $\mathcal{C}'$ et $\mathcal{C}$ sont toutes deux l'équivalence absolue, ou relation universelle.

2° Prenons pour E et E′ l'ensemble des idéaux d'un anneau A (et de $A' \supset A$), et pour f

$$f(\mathfrak{m}) = \{\mathfrak{m}' : \mathfrak{m}' \cap A = \mathfrak{m}A' \cap A\}.$$

Les σ' sont les classes de l'équivalence de Grell $\mathfrak{a}' \equiv \mathfrak{b}' \rightleftharpoons \mathfrak{a}' \cap A = \mathfrak{b}' \cap A$, les σ celles de $\mathfrak{a} \equiv \mathfrak{b} \rightleftharpoons A'a = A'b$, et l'isomorphisme $\overline{E} \simeq \overline{E'}$ est représenté par la correspondance entre idéaux extensions de A′ et idéaux contractions de A.

THÉORIE DES GROUPES. — *Imprimitivité pour les représentations des groupes localement compacts. II. Nombres d'entrelacement pour les représentations imprimitives.* Note de M. **George W. Mackey**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit G un groupe localement compact séparable. Soient $U(x \rightarrow U_x)$ et $V(x \rightarrow V_x)$ des représentations unitaires d'un sous-groupe fermé H de G. On appelle *opérateur d'entrelacement* de U et V toute application linéaire continue T de l'espace de Hilbert de V dans celui de U pour laquelle on a $U_x T = T V_x$. Ces opérateurs forment un espace vectoriel, dont la dimension $n = 0, 1, \ldots, \infty$ sera appelée le *nombre d'entrelacement* I(U, V) de U et V.

Soient G_1, G_2 des sous-groupes fermés de G, $L(x \rightarrow L_x)$ et $M(x \rightarrow M_x)$ des représentations unitaires de G_1 et G_2. Pour $x, y \in G$, les applications $s \rightarrow L_{xsx^{-1}}$ et $s \rightarrow M_{ysy^{-1}}$ sont des représentations unitaires du sous-groupe $x^{-1}G_1x \cap y^{-1}G_2y$. Soit $I(x, y, L, M)$ le nombre d'entrelacement de ces deux représentations; pour L et M donnés, celui-ci dépend seulement de la classe bilatère $D = D(x, y) = G_1xy^{-1}G_2$ à laquelle appartient xy^{-1}. Nous écrirons $I(D, L, M) = I(x, y, L, M)$ pour $xy^{-1} \in D$.

Si les sous-groupes G_1, G_2 sont ouverts, il en est de même du sous-groupe $x^{-1}G_1x \cap y^{-1}G_2y$. Ses indices dans $x^{-1}G_1x$ et $y^{-1}G_2y$ dépendent uniquement de $D(x, y)$; soit $\mathfrak{S}'$ l'ensemble des classes bilatères pour lesquelles ces deux indices sont finis, et soit $\mathfrak{S}$ l'ensemble de toutes les classes bilatères. On peut alors démontrer ceci :

Théorème 1. — *Si* G_1, G_2 *sont ouverts, soient* U^L *et* U^M *les représentations imprimitives* (¹) *engendrées par* L *et* M; *alors on a*

$$\sum_{D \in \mathfrak{S}'} I(D, L, M) \leqq I(U^L, U^M) \leqq \sum_{D \in \mathfrak{S}} I(D, L, M)$$

si de plus L *et* M *sont de dimension un, la première inégalité est une égalité.*

(¹) Pour la définition de cette notion, voir notre précédente Note (*Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 35, 1949, p. 537-545).

2. Si $G_1 = G$, on a $U^L = L$, et il existe une seule classe bilatère. On déduit alors du théorème 1 :

THÉORÈME 2. — *Soient* G_2 *un sous-groupe ouvert de* G, L *et* M *des représentations unitaires irréductibles de* G *et* G_2. *Alors la multiplicité de la représentation* L, *considérée comme facteur direct discret de* U^M, *est au plus égale à la multiplicité de* M, *considérée comme facteur de la représentation* L *restreinte à* G_2. *On a de plus égalité si l'indice de* G_2 *dans* G *est fini.*

Le théorème 2, quand G est un groupe fini, est un résultat classique de Frobenius.

Si $G_1 = G_2$ et si L et M sont identiques et de dimension un, on obtient le

THÉORÈME 3. — *Soit* L *une représentation de dimension un du sous-groupe ouvert* G_1 *de* G. *Pour que* U^L *soit irréductible, il faut et il suffit que, pour tout* $x \notin G_1$, *l'une des deux conditions suivantes soit remplie :*

a. l'indice de $x^{-1} G_1 x \cap G_1$ *dans chaque facteur est infini;*

b. les restrictions à $x^{-1} G_1 x \cap G_1$ *de* $L_{xsx^{-1}}$ *et* L *ne sont pas identiques.*

Si G est fini, *a* ne peut se produire et l'on obtient un résultat de Shoda ([2]) sur l'irréductibilité des représentations monomiales des groupes finis. Si L se réduit à l'unité, *b* ne peut avoir lieu; *a* est alors la condition nécessaire et suffisante pour que *toutes* les représentations de G engendrées par des représentations de dimension un de G_1 soient irréductibles. Ce dernier résultat, dans le cas où G est discret et G_1 abélien, a été annoncé récemment par Godement ([3]).

Une autre conséquence du théorème 1 est le

THÉORÈME 4. — *Soient* L *et* M *des représentations de dimension un de* G_1 *et* G_2. *Supposons que* U^L *et* U^M *soient irréductibles. Alors* U^L *et* U^M *sont équivalentes si et seulement s'il existe* $x, y \in G$ *tels que :*

a. l'indice de $x^{-1} G_1 x \cap y^{-1} G_2 y$ *dans chaque facteur est fini;*

b. $L_{xsx^{-1}}$ *et* $M_{ysy^{-1}}$ *coïncident dans* $x^{-1} G_1 x \cap y^{-1} G_2 y$.

Lorsque G est fini, *a* a lieu trivialement, et l'on obtient un autre des résultats principaux de Shoda.

A l'aide des théorèmes 3 et 4 on peut enfin prouver ceci :

THÉORÈME 5. — *Il existe un groupe discret* G *et deux décompositions de la représentation régulière de* G *en somme continue de représentations irréductibles, telles que toute composante de la première soit distincte* (au sens de l'équivalence unitaire) *de toute composante de la seconde.*

Dans une Note ultérieure, nous étudierons les opérateurs d'entrelacement du type d'Hilbert-Schmidt. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire que G_1 et G_2 soient ouverts.

Les démonstrations de ces résultats seront publiées dans un autre journal.

([2]) *Proc. Phys. Math. Soc. Jap.*, III, 15, 1933, p. 249-257.

([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 627-628.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégrale de partition et intégrale topologique. Familles dérivantes topologiques.* Note (*) de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Gaston Julia.

Nous reprenons les notations de la Note précédente [1]; **R** désigne un espace mesuré topologique.

Soit f une fonction réelle bornée définie sur **R**. Pour toute partition jordanienne de **R** : $\mathcal{J} = (Q_1, \ldots, Q_p)$, nous introduisons

$$\sigma_s(f, \mathcal{J}) = \Sigma(\text{borne sup}\, f \text{ sur } Q_i) \times \gamma(Q_i), \qquad \sigma_i(f, \mathcal{J}) = \Sigma(\text{borne inf}\, f \text{ sur } Q_i) \times \gamma(Q_i)$$

et posons

$$\rho_s(f) = \lim \sigma_s(f, \mathcal{J}) \qquad \text{et} \qquad \rho_i(f) = \lim \sigma_i(f, \mathcal{J}),$$

les limites étant prises dans $\mathfrak{J}$. Ces intégrales sont les intégrales de partitions supérieure et inférieure de f par rapport à $\mathfrak{J}$.

Théorème 1. — *La convergence de $\rho_s(f, \mathcal{J})$ et de $\rho_i(f, \mathcal{J})$ vers $\rho_s(f)$ et $\rho_i(f)$ respectivement est uniforme vis-à-vis de la finesse de $\mathcal{J}$.*

Les intégrales précédentes constituent donc la généralisation naturelle des intégrales de Riemann classiques où la finesse des subdivisions est exprimée par une norme; nous les appelons *intégrales topologiques*.

Théorème 2. — *Si* M *désigne l'ensemble* $\{0 \leqq \xi \leqq f(x)\}$ *dans l'espace produit de* **R** *par l'espace des nombres* Ξ :

$\rho_s(f) =$ mes. *jordanienne par excès de* M *dans* $\mathbf{R} \times \Xi$;

$\rho_i(f) =$ mes. *jordanienne par défaut de* M *dans* $\mathbf{R} \times \Xi$.

Corollaires 1. — *$f_s(x)$ et $f_i(x)$ désignant les limites supérieure et inférieure de f en un point quelconque x de* **R**, *$\rho_s(f)$ et $\rho_i(f)$ sont égales aux intégrales de Lebesgue sur* **R** *de f_s et f_i respectivement.*

2. *Une condition nécessaire et suffisante pour que $\rho_s(f) = \rho_i(f)$ est que l'ensemble des points de discontinuité de f soit un ensemble de μ-mesure nulle.*

Familles dérivantes topologiques [2]. — Nous supposons d'abord I, II et IV vérifiés et la mesure μ complète.

Proposition. — *L'ensemble* E *des points de* R *admettant un voisinage ouvert de mesure nulle est un ensemble ouvert de mesure nulle.*

Une base $\mathcal{O}$ de **R** constituée par des ensembles ouverts peut servir de famille dérivante pour les fonctions numériques définies sur les ensembles de $\mathcal{O}$, le paramètre numérique δ exprimant la contraction [3] étant remplacé

(*) Séance du 13 février 1950.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 711.

(2) Résultats préliminaires à une extension de la totalisation de Denjoy à des espaces mesurés pourvus d'une topologie.

(3) *Cf.* H. Busemann et W. Feller, *Fund. Math.*, **22**, 1934, p. 230; de Possel, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 579.

par l'index $\mathcal{U}$ de structure uniforme de **R**. Nous appelons *recouvrement de Vitali* d'un ensemble X de **R** une famille $\mathcal{V} \subseteq \mathcal{D}$ telle que tout point d'un ensemble $X^* = X(\mathrm{mod}\, \mathcal{N})$ soit recouvert par des ensembles de $\mathcal{V}$ arbitrairement petits. Les théorèmes d'équivalence de *de Possel* [4] sont valables, en particulier le théorème faible de Vitali est équivalent au théorème de la densité.

Désignons par $S_{\alpha,\mathcal{U}}(M)$ [5] pour $M \in \mathcal{M}$, $0 < \alpha < 1$, la réunion des ensembles de $\mathcal{D}$ qui sont petits d'ordre $\mathcal{U}$ et sur lesquels la densité moyenne de M est $> \alpha$.

Proposition [6]. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que le théorème de la densité soit valide pour $\mathcal{D}$ est que pour tout α compris entre* 0 *et* 1 *et tout ensemble* $M \in \mathcal{M}$, *nous ayons*

$$\bigcap_{\mathcal{U}} S_{\alpha,\mathcal{U}}(M) = M(\mathrm{mod}\, \mathcal{N}) \quad (^6).$$

Supposons seulement la mesurabilité des ensembles de $\mathcal{D}$ et $\mu = \mu^*$. La validité du théorème de la densité pour $\mathcal{D}$ implique I ainsi que : La famille $\mathcal{D}_\sigma$ (*a fortiori* $\mathcal{G}$) est une famille d'approximation supérieure (mod $\mathcal{N}$) pour $\mathcal{M}$.

Même dans le cas où $\mathcal{D}$ dérive toute fonction d'ensemble de base μ (*cf.* de Possel, *loc. cit.*), il n'en résulte pas que $\mathcal{G}$ soit une famille d'approximation supérieure pour $\mathcal{M}$. En fait si cette dernière propriété est vérifiée, $\mathcal{D}$ dérive toute fonction additive (entendez : dénombrablement additive) définie sur les ensembles boréliens de **R**; $\mathcal{D}$ est une base de dérivation selon Lebesgue. Nous devons à de Possel un exemple [7] de famille fortement dérivante pour laquelle cependant le théorème de dérivation de Lebesgue n'est pas valide [8].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation intégrale du cycle fermé.* Note de M. **Vladimir-A. Kostitzin**, présentée par M. Paul Montel.

1. On sait depuis longtemps que la transformation de Laplace permet de résoudre l'équation intégrale du cycle fermé. Cependant, la distance est grande de cette solution théorique jusqu'à la solution effective et facilement calculable,

---

(4) *Loc. cit.* et *Journ. Math. pures et appl.*, 15, 1936, p. 405.

(5) Busemann et Feller, *loc. cit.*, p. 230.

(6) Nous avons cherché à étendre le critère de Busemann et Feller (*loc. cit.*, p. 232) en considérant une suite non croissante $M_{\mathcal{U}}$ convergeant vers l'ensemble vide. La possibilité de l'extension dépend de la relation $\lim \mu(M_{\mathcal{U}}) = 0$ que nous ne sommes pas parvenu à établir.

(7) Reproduit dans Haupt-Pauc, *Archiv der Mathematik*, Heft 1, 1948, p. 26.

(8) Le développement des deux Notes précédentes trouvera place dans la seconde édition du troisième volume de Haupt-Aumann, *Differential-und Integralrechnung*.

et, d'autre part, il faut encore s'assurer que la formule élégante et compacte représente effectivement quelque chose. Donc, dans tous les cas, il est utile de rechercher d'autres procédés de résolution. Dans cette Note, je me propose d'en indiquer un pour l'équation intégrale que l'on rencontre dans certains problèmes statistiques

$$\varphi(x) = f(x) + \int_0^x \varphi(z)\,dz \int_0^1 \frac{k(u)(x-z)^{-u}\,du}{\Pi(-u)}, \tag{1}$$

avec $k(u)$ vérifiant la condition $k(1) = 0$.

2. L'application de la transformation de Laplace nous donne l'intégrale

$$\int^{\infty} e^{-xz}\varphi(x)\,dx = \frac{\displaystyle\int_0^{\infty} e^{-xz} f(x)\,dx}{1 - \displaystyle\int^1 k(u)\,z^{u-1}\,du}, \tag{2}$$

dont l'inversion doit nous conduire à la solution de l'équation (1). Or, l'aspect de la formule (2) permet de supposer que la fonction $\varphi(x)$ peut être représentée par la formule suivante

$$\begin{aligned}\varphi(x) = f(x) &+ \int_0^1 K(u)F(-u, x)\,du \\ &+ \sum \int_0^1 L(\rho_i, u)\,du \int_0^x e^{\rho_i z} F(-u, x-z)\,dz \\ &+ \int_C d\rho \int_0^1 L(\rho, u)\,du \int_0^x e^{\rho z} F(-u, x-z)\,dz\end{aligned} \tag{3}$$

avec

$$F(\xi, x) = \frac{1}{\Pi(\xi)} \int_0^x (x-z)^{\xi} f(z)\,dz. \tag{4}$$

Les fonctions $K(u)$, $L(\rho, u)$, les nombres ρ_i et l'ensemble C formant évidemment la partie continue d'un spectre, sont inconnus.

3. En remplaçant dans (1), $\varphi(x)$ par (3) et en tenant compte de propriétés bien connues de la fonction $F(\xi, x)$, on trouve les équations suivantes pour déterminer les fonctions inconnues :

$$K(\xi) = k(\xi) + \int_{\xi}^1 k(1+\xi-\zeta)\,K(\zeta)\,d\zeta, \tag{5}$$

$$L(\rho, \xi) = \frac{1}{\rho} \int_0^{\xi} k(\xi-\zeta)\,L(\rho, \zeta)\,d\zeta + \int_{\xi}^1 k(1+\xi-\zeta)\,L(\rho, \zeta)\,d\rho, \tag{6}$$

$$K(\xi) = \sum \frac{1}{\rho_i} L(\rho_i, \xi) + \int_C L(\rho, \xi)\,\frac{d\rho}{\rho}. \tag{7}$$

On voit que la solution du problème se ramène à l'étude de l'équation intégrale de Fredholm (6). Il est facile de voir que la dérivée $\partial L(\rho, \xi)/\partial\xi$ vérifie

l'équation (6) ainsi que toutes les dérivées d'ordres supérieurs. En supposant les nombres fondamentaux de (6) simples, on trouve que $L(\rho, \xi)$ est une fonction exponentielle

$$L(\rho, \xi) = \lambda(\rho) e^{\sigma\xi} \tag{8}$$

et que $\rho = e^{-\sigma}$, avec σ vérifiant l'équation caractéristique

$$1 = \int_0^1 K(\eta) e^{\sigma(1-\eta)} d\eta. \tag{9}$$

Supposons que cette équation admette les racines $\{\sigma_k\}$ et que la partie continue du spectre soit absente. Dans ces conditions, le noyau résolvant de (6) a la forme

$$R(\rho, \xi) = \rho \sum \frac{e^{-\sigma_k(1-\xi)}}{(\rho - \rho_k)\varepsilon_k}, \tag{10}$$

en posant

$$\varepsilon_k = 1 - \int_0^1 k(\xi)\xi\, e^{\sigma_k(1-\xi)} d\xi. \tag{11}$$

Pour $\rho \to \infty$ on a,

$$K(\xi) = \sum \frac{\rho_k e^{\sigma_k \xi}}{\varepsilon_k}, \qquad \lambda(\rho_k) = \frac{\rho_k^2}{\varepsilon_k}. \tag{12}$$

On a tous les éléments nécessaires pour calculer la solution

$$\varphi(x) = f(x) + \sum \frac{\rho_k}{\varepsilon_k} \int_0^1 e^{\sigma_k u} F(-u, x)\, du + \sum \frac{\rho_k^2}{\varepsilon_k} \int_0^x e^{\rho_k(x-z)} dz \int_0^1 e^{\sigma_k u} F(-u, z)\, du. \tag{13}$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une relation entre les valeurs typiques et les écarts typiques d'ordres divers d'une loi de probabilité.* Note (*) de M. **Maurice Dumas**, présentée par M. Émile Borel.

L'écart d'ordre α de la loi de probabilité de la variable X par rapport à une valeur a est une fonction de a; cette fonction est minimum pour $a = a_\alpha$: *la valeur typique d'ordre α de la loi* est a_α; *l'écart typique d'ordre α de la loi* est

$$F_\alpha \equiv \{E[|x - a_\alpha|^\alpha]\}^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Ainsi, avec la terminologie et les symboles de la norme X 05.002 : $a_1 = \overline{\overline{X}}$; $a_2 = E[X]$; $F_2 =$ écart moyen centré quadratique.

Lorsque F_α est fini, on peut construire la *courbe de répartition réduite d'ordre α de la loi* en prenant pour les abscisses a_α comme origine et F_α comme unité; cette

(*) Séance du 20 février 1950.

courbe se trouve nécessairement à l'intérieur d'une zone limitée par les droites d'ordonnées o et 1 et par des courbes dont les équations se déduisent du lemme suivant : *Si une loi discrète* L *est telle que des probabilités non nulles correspondent au moins à deux valeurs distinctes situées d'un même côté de la valeur typique* a *d'ordre* α *de* L, *ou en* a, *et si* α *est supérieur à* 1, *on peut déterminer une autre loi dont la courbe de répartition réduite d'ordre* α *a des points plus éloignés de* a *que les points correspondants de la courbe de répartition réduite d'ordre* α *de la loi* L.

La loi L est définie par les probabilités $p_1, p_2, \ldots, p_n$ attachées respectivement aux valeurs $x_1, x_2, \ldots, x_n$ (avec $x_i < x_{i+1}$). Admettant $x_j \leqq a < x_{j+1}$ et $2 \leqq j < n$, on a par définition et d'après $dF/da = 0$

$$(1) \qquad F_\alpha^\alpha = p_1(a-x_1)^\alpha + p_2(a-x_2)^\alpha + \ldots + p_j(a-x_j)^\alpha + \sum_{i=j+1}^{n} p_i(x_i-a)^\alpha,$$

$$(2) \qquad p_1(a-x_1)^{\alpha-1} + p_2(a-x_2)^{\alpha-1} + \ldots + p_j(a-x_j)^{\alpha-1} - \sum_{i=j+1}^{n} p_i(x_i-a)^{\alpha-1} = 0.$$

Soit x_0 une valeur comprise entre x_1 et x_2 et telle que

$$(3) \qquad (p_1+p_2)(a-x_0)^{\alpha-1} = p_1(a-x_1)^{\alpha-1} + p_2(a-x_2)^{\alpha-1}.$$

La loi L_1 définie par les probabilités $(p_1+p_2), p_3, \ldots, p_n$ attachées respectivement aux valeurs $x_0, x_3, \ldots, x_n$ a, d'après (2) et (3), même valeur typique d'ordre α que la loi L; soit F'_α son écart typique d'ordre α. On a $F_\alpha > F'_\alpha$ si, posant $\varpi_1 = p_1/(p_1+p_2)$ et $\varpi_2 = p_2/(p_1+p_2)$, l'on a

$$[\varpi_1(a-x_1)^\alpha + \varpi_2(a-x_2)^\alpha]^{\frac{1}{\alpha}} > [\varpi_1(a-x_1)^{\alpha-1} + \varpi_2(a-x_2)^{\alpha-1}]^{\frac{1}{\alpha-1}};$$

or cette inégalité est vérifiée, attendu que les deux membres sont respectivement des écarts par rapport à la valeur a, l'un d'ordre α, l'autre d'ordre $\alpha - 1 > 0$, de la loi définie par les probabilités ϖ_1 et ϖ_2 attachées respectivement aux valeurs x_1 et $x_2 \neq x_1$.

Les courbes de répartition réduites d'ordre α des lois L et L_1 sont des courbes en escalier qui, pour toute valeur $j < k < n$, possèdent des points saillants tels qu'aux ordonnées $\sum_{i=1}^{k-1} p_i$ correspondent comme abscisses, soit (loi L) $(x_k - a)/F_\alpha$, soit (loi L_1) $(x_k - a)/F'_\alpha$, valeurs qui sont toujours supérieures à celles, correspondantes, relatives à la loi L.

Le lemme ainsi établi conduit à ceci que la courbe de répartition réduite d'ordre $\alpha > 1$ d'une loi, discrète ou non, se trouve nécessairement à l'intérieur de la zone limitée par les points saillants de toute loi à deux éventualités; si une telle loi est définie par les probabilités p et $1 - p$ correspondant respectivement aux valeurs $x_1 < a$ et $x_2 > a$, il y a deux points saillants qui ont pour coordonnées l'un $\xi_1 = (x_1 - a)/F_\alpha$ et p et l'autre $\xi_2 = (x_2 - a)/F_\alpha$ et p, et qui

se trouvent respectivement sur les courbes ayant pour équations

$$\xi_1 = -\left[p + (1-p)\left(\frac{p}{1-p}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}}\right]^{-\frac{1}{\alpha}} \quad \text{et} \quad \xi_2 = \left[p\left(\frac{1-p}{p}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} + 1 - p\right]^{-\frac{1}{\alpha}}.$$

Comme à $p = 0{,}5$ correspond toujours $\xi_1 = -1$ et $\xi_2 = 1$, on a :

Si une loi possède un écart typique d'ordre $\alpha > 1$ qui soit fini, l'écart entre sa valeur équiprobable et sa valeur typique d'ordre α est au plus égal à son écart typique d'ordre α.

Les résultats qui précèdent constituent la généralisation au cas $\alpha > 1$ de ceux obtenus par une autre voie pour $\alpha = 2$ par M. Dumas et P. Maheu [1], qui ont notamment indiqué que l'*écart entre la valeur équiprobable et l'espérance mathématique d'une loi est au plus égal à une fois l'écart moyen centré quadratique de cette loi.*

N. B. — Au cours des recherches en cause ci-dessus nous avons établi que l'inégalité suivante, qui met en jeu les moments typiques d'ordre 2, 3 et 4 d'une loi,

$$\{\mathfrak{M}[|x-a_3|^3]\}^2 \geqq \mathfrak{M}[|x-a_2|^2]\,\mathfrak{M}[|x-a_4|^4]$$

est vérifiée par les lois à deux éventualités et même par certaines autres lois. Peut-être même est-elle absolument générale. Elle a ceci de remarquable qu'elle est en sens inverse de l'inégalité classique valable pour a quelconque

$$\{\mathfrak{M}[|x-a|^3]\}^2 \leqq \mathfrak{M}[|x-a|^2]\,\mathfrak{M}[|x-a|^4].$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Propriétés des lois dont les fonctions caractéristiques sont* $1/\operatorname{ch} z$, $z/\operatorname{sh} z$, $1/\operatorname{ch}^2 z$. Note de MM. **Jean Bass** et **Paul Lévy**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Rappelons que les deux premières de ces lois se présentent naturellement dans la théorie du mouvement brownien [1].

1. A la fonction caractéristique $\varphi_1(z) = 1/\operatorname{ch} z$ correspond la densité de probabilité

$$f_1(x) = \frac{1}{\pi}\int_0^\infty \frac{\cos xz}{\operatorname{ch} z}\,dz = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \cos xz \sum_0^\infty (-1)^n e^{-(2n+1)z}\,dz.$$

En intervertissant les signes de sommation et d'intégration, le calcul s'achève

---

(1) *Mémorial de l'Artillerie française*, 1948.

(1) *Voir* P. Lévy, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 432. Au sujet de cette Note, j'ajoute que non seulement $\omega(z, 0)$ et $\varphi(z)$, mais aussi $\omega(z, h)$ et $\Phi(z, \rho)$ sont des fonctions caractéristiques de lois indéfiniment divisibles, faciles à mettre sous forme canonique (P. L.).

sans difficulté. On trouve

$$(1)\qquad f_1(x) = \frac{1}{2\,\mathrm{ch}\,\frac{\pi x}{2}} \quad (^2).$$

En d'autres termes : *pour* $\lambda = \sqrt{\pi/2}$, *la fonction* $1/\mathrm{ch}\,\lambda z$ *est sa propre transformée de Fourier.* La courbe $y = f_1(x)$ ressemble à celle de Gauss, mais y s'annule moins vite à l'infini (³); la loi est normalisée pour $\lambda = 1$. Ses moments sont faciles à calculer. De

$$c_p = \int_{-\infty}^{+\infty} x^{2p} f_1(x)\,dx = 2\int_0^{\infty} x^{2p} \sum_0^{\infty} (-1)^n e^{-(2n+1)\frac{\pi x}{2}}\,dx,$$

on déduit

$$(2)\qquad \frac{c_p}{(2p)!} = \frac{4^{p+1}}{\pi^{2p+1}} \sum_0^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)^{2p+1}}.$$

Ce rapport, évidemment rationnel, est le coefficient de z^{2p} dans le développement en série entière (pour $|z| < \pi/2$) de $\varphi_1(iz) = 1/\cos z$.

2. A la fonction caractéristique $\varphi_2(z) = z/\mathrm{sh}\,z$ correspond la densité de probabilité

$$f_2(x) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{z\cos xz}{\mathrm{sh}\,z}\,dz = \frac{2}{\pi}\int_0^{\infty} z\cos xz \sum_0^{\infty} e^{-(2n+1)z}\,dz.$$

Le calcul est analogue à celui relatif à $f_1(x)$. On trouve

$$(3)\qquad f_2(x) = \frac{\pi}{4\,\mathrm{ch}^2\,\frac{\pi x}{2}}.$$

Pour les moments, pour $p > 0$, on a

$$c'_p = \int_{-\infty}^{+\infty} x^{2p} f_2(x)\,dx = \frac{2}{\pi^{2p}}\int_0^{\infty} x^{2p} \sum_1^{\infty} (-1)^{n+1}\,n e^{-nx}\,dx$$

$$= \frac{2}{\pi^{2p}}(2p)! \sum_1^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n^{2p}} = \frac{2}{\pi^{2p}}(2p)!\left(1 - \frac{2}{4^p}\right)\zeta(2p),$$

c'est-à-dire, en introduisant les nombres de Bernoulli

$$(4)\qquad c'_p = (4^p - 2)\,B_p \qquad (p > 0).$$

(²) M. G. Darmois nous signale que cette formule a été indiquée par G. Kunetz (*Thèse d'Université*, Paris, 1937). Kunetz ramène l'intégrale à calculer, par un changement de variable, à celle à laquelle on a l'habitude de ramener le produit $\Gamma(x)\Gamma(1-x)$. Il est regrettable que les thèses d'université soutenues à Paris soient si peu connues.

(³) La même remarque s'applique aux courbes représentant les lois considérées ci-dessous.

Pour le développement de $\varphi_2(iz)$ il vient donc

$$\varphi_2(iz) = \frac{z}{\sin z} = 1 + \sum_1^\infty \frac{4^p - 2}{(2p)!} B_p z^{2p}. \tag{5}$$

On peut vérifier cette formule en partant de la formule connue

$$\frac{u\, e^{ux}}{e^u - 1} = 1 + \sum_1^\infty Q'_n(x) \frac{u^n}{n!},$$

où $Q_n(x)$ est le $n^{\text{ième}}$ polynôme de Bernoulli. Pour $x = 1/2$, $u = 2z$, compte tenu de $Q'_{2p+1}(1/2) = 0$, il vient

$$\frac{z}{\operatorname{sh} z} = 1 + \sum_1^\infty Q'_{2p}\left(\frac{1}{2}\right) \frac{4^p z^{2p}}{(2p)!}, \tag{6}$$

formule qui équivaut à (5) (1).

3. Compte tenu de (3), la formule de réciprocité de Fourier montre qu'à la fonction caractéristique $\varphi_3(z) = 1/\operatorname{ch}^2 z$ correspond la densité de probabilité

$$f_3(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \frac{\cos xz}{\operatorname{ch}^2 z}\, dz = \frac{x}{2 \operatorname{sh} \frac{\pi x}{2}}. \tag{7}$$

Comme $\varphi_3(z) = \varphi_1^2(z)$, $f_3(x)$ est le carré de composition de $f_1(x)$, c'est-à-dire que, en changeant x en $2x/\pi$,

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dy}{\operatorname{ch} y \operatorname{ch}(x - y)} = \frac{2x}{\operatorname{sh} x}. \tag{8}$$

Les moments c''_p s'obtiennent, soit par un calcul analogue à celui indiqué pour c'_p et c''_p, soit en partant de

$$\varphi_3(iz) = \frac{1}{\cos^2 z} = 2 \sum_0^\infty \sum_0^\infty (2p + 1) \frac{z^{2p}}{a_n^{2p+2}},$$

où $a_n = (2n + 1)\pi/2$, $|z| < \pi/2$. Le coefficient de z^{2p} est

$$\frac{c''_p}{(2p)!} = 2(2p + 1)(4^{p+1} - 1) \frac{\zeta(2p + 2)}{\pi^{2p+2}}, \tag{9}$$

de sorte que

$$c''_p = \frac{4^{p+1}(4^{p+1} - 1)}{2p + 2} B_{p+1}. \tag{10}$$

---

(1) La valeur de $Q'_{2p}(1/2)$ résulte de formules connues. *Voir* par exemple G. VALIRON, *Théorie des fonctions*, p. 213-214.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'obstruction thermique en écoulement diabatique.* Note (*) de M. **Eugen Sänger**, présentée par M. Joseph Pérès.

Si, dans un tube cylindrique, convergent ou divergent, un gaz s'écoule stationnairement à une vitesse subsonique, et si l'on chauffe continuellement ce gaz (par exemple par combustion), la densité du gaz diminue et pour maintenir la continuité de l'écoulement la vitesse doit croître en proportion, c'est-à-dire que l'impulsion de la masse gazeuse traversant par seconde une certaine section doit également augmenter sans que la somme géométrique des pressions en amont de cette section augmente.

Il existe donc des cas d'écoulement diabatique, où la loi de continuité exige une vitesse plus élevée que celle fournie au maximum par le théorème des quantités de mouvement dans les conditions en présence; les deux lois fondamentales d'écoulement sont alors en contradiction, et par suite d'un échauffement trop fort il se produit une obstruction thermique du tube.

Elle est déterminée par exemple par le nombre de Mach critique du courant de gaz frais, par le degré de convergence du tube et par l'augmentation de la température d'arrêt due à l'apport de chaleur au gaz; on peut le voir sur la figure à gauche et en bas pour le cas de l'écoulement diabatique dans un tube cylindrique avec combustion d'essence. On voit, en particulier, que dans un écoulement d'air frais à la vitesse du son, un échauffement infiniment petit suffit déjà à produire l'obstruction thermique. Une tuyère convergente sera obstruée même sans échauffement dès avant la vitesse du son, par contre une tuyère divergente permettra, même à la vitesse du son et selon son degré de divergence, l'adduction d'une certaine quantité de chaleur.

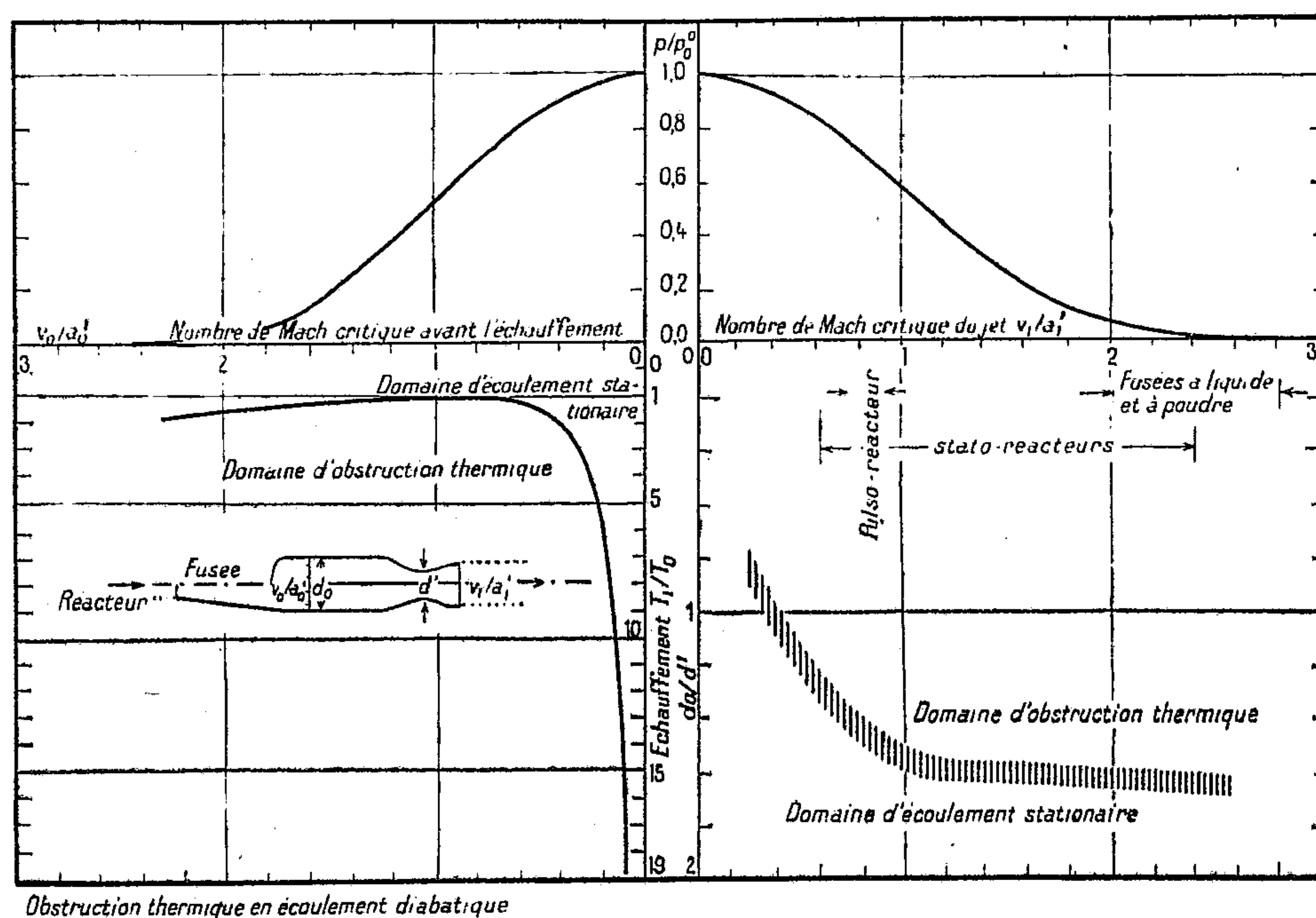
Si l'ensemble de l'écoulement ne dispose pas d'autre passage, il ralentit de façon non stationnaire quand l'obstruction entre en jeu, jusqu'à ce que les augmentations de pression produites puissent fournir des impulsions aussi élevées que l'exige la condition de continuité. L'échappement se trouve alors violemment forcé jusqu'à ce que les pressions soient de nouveau devenues insuffisantes et qu'il se produise une nouvelle obstruction, de sorte que le processus se renouvelle. L'écoulement n'est alors plus stationnaire, mais périodique, de sorte que les conditions citées d'obstruction thermique représentent en même temps les critères-limite entre l'écoulement stationnaire et l'écoulement diabatique à pulsations.

Pour la section S_0 d'une chambre de combustion, immédiatement avant la zone d'échauffement, l'état thermo-dynamique du gaz sera représenté sur le diagramme pv (pression-vitesse) en haut et à gauche par la pression p_0 et la vitesse v_0. Si $v_0 = 0$, c'est-à-dire si S_0 est infiniment grand, n'importe quel

(*) Séance du 30 janvier 1950.

échauffement T_1/T_0 est possible, comme le montre la figure en bas à gauche. Dans ce cas l'expansion du gaz après l'échauffement se fait complètement d'après le diagramme pv en haut à droite. Si, par contre, $v_0 > 0$, c'est-à-dire $S_0 < \infty$, la partie gauche de la figure ne donnera un écoulement stationnaire qu'en dessous de certains T_1/T_0, sinon elle donnera une obstruction thermique.

Le S_0 critique, par rapport à une section minima S' d'une tuyère d'échappement, ou le rapport correspondant de diamètres d_0/d', peut se calculer au moyen de l'équation de continuité suivant les conditions respectives de tuyère et du gaz et est représenté qualitativement dans le diagramme inférieur droit de la figure en fonction du nombre de Mach critique du jet.



Obstruction thermique en écoulement diabatique

Comme critère-limite technique pour l'obstruction thermique, on obtient le suivant :

Au-dessus d'un rapport critique d_0/d' du diamètre de chambre au diamètre minimum de tuyère, un écoulement stationnaire est possible. C'est le cas exigé pour les stato-réacteurs, les fusées à liquide et à poudre, les chambres de combustion de turbines, etc.

Au-dessous de cette valeur il y a obstruction thermique et le fonctionnement ne peut être que non stationnaire ou même à pulsations. C'est le cas des canons, des pulso-réacteurs, des fusées à explosion à chambre cylindrique de diamètre égal à celui du col de tuyère, etc.

Lorsque la chambre est en partie encombrée, comme par exemple dans les stato-réacteurs par le chauffage au charbon en morceaux, dans les

chambres de combustion de turbines par des déflecteurs ou dans les fusées à poudre par des barres de poudre, la section d'écoulement du gaz frais qui reste encore libre doit naturellement remplir les conditions requises pour éviter le fonctionnement non stationnaire.

Pour des stato-réacteurs on peut, à la place du rapport du diamètre de la chambre au diamètre minimum de la tuyère, employer le rapport du diamètre de chambre à celui de l'entrée d'air cylindrique ; on obtient, pour une combustion stœchiométrique de carbure d'hydrogène et d'air, pour le nombre de Mach du vol. 1, comme valeur critique minimum environ 2,25 ; pour d'autres nombres de Mach ou pour un excès d'air, le rapport permettant d'éviter l'obstruction thermique, peut être plus petit.

ASTROPHYSIQUE. — *Le flux photovisuel des étoiles.*
Note de M. **Nevil Milford**, présentée par M. André Danjon.

En comparant le rayon, la parallaxe et la magnitude d'une étoile et les mêmes grandeurs pour le Soleil, on peut calculer le flux de l'étoile pour la longueur d'onde moyenne correspondant au procédé de détermination de la magnitude (visuelle, photographique, etc.).

Cependant la validité de cette méthode est limitée par plusieurs considérations : d'une part les rayons d'un petit nombre d'étoiles ont été mesurés avec exactitude ; d'autre part quelques-unes seulement de ces étoiles ont des parallaxes trigonométriques mesurables. Dans le domaine spectral compris entre A 2 et K 2 il n'y a pas d'étoiles permettant l'application d'une telle méthode (à l'exception du Soleil).

Le même *trou* se rencontre aussi entre les températures mesurées directement de l'échelle de températures effectives de Kuiper [1]. Cet auteur a effectué ses interpolations en utilisant les températures de couleur des étoiles A, F, G et en ajustant les valeurs ainsi trouvées jusqu'à ce qu'elles correspondent aux températures déduites : 1° des mesures de raies spectrales (étoiles O, B, A) ; 2° de μ_1 Sco (B 3) et β Aur. (A 2) ; 3° du Soleil ; 4° des étoiles étudiées à l'interféromètre (K, M).

Dans cette Note, nous allons utiliser la même méthode pour trouver le flux photovisuel des étoiles des types spectraux A, F, G. (Cette méthode vient d'être utilisée par D. Chalonge et L. Divan) [2]. Nous avons

$$m_\lambda - m_{\odot\lambda} = -2,5 \log_{10}\left[\left(\frac{\pi R}{\pi_\odot R_\odot}\right)^2 \frac{F_\lambda}{F_{\odot\lambda}}\right],$$

où m_λ est la magnitude, F_λ le flux monochromatique à la longueur d'onde λ, π la parallaxe et R le rayon d'une étoile donnée ($m_{\odot\lambda}$, $F_{\odot\lambda}$, $\pi_\odot$, $R_\odot$ étant les grandeurs correspondantes pour le Soleil).

---

(1) *Ap. J.*, 88, 1938, p. 429.
(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 720.

En appliquant cette formule d'abord au flux photovisuel $F p v$ et ensuite au flux total, et en utilisant la définition $F = a T_e^4$, nous trouvons

$$(1) \qquad \log_{10} \frac{F p v}{F_{\odot} p v} = 4 \log_{10} \frac{T_e}{T_{\odot e}} + \frac{1}{2,5} (C.B - C.B_{\odot}),$$

où T_e, CB sont respectivement la température effective et la correction bolométrique : on a

$$C.B = m_{bol} - M p v.$$

La magnitude m_{bol} qui inclut l'effet des raies spectrales correspond au flux total et par suite à la température effective.

Mais, pour obtenir le flux de l'intensité continue, il faut corriger les $M p v$ de l'absorption dans les raies, par le moyen de la correction $\Delta M p v$ tabulée dans la Note I ([3]) :

$$C.B' = m_{bol} - (M p v + \Delta M p v) = C.B - \Delta M p v.$$

Nous utiliserons les corrections bolométriques des tables 8 et 9 du Mémoire de Kuiper, et les températures effectives de la table 13 de ce même Mémoire.

La correction bolométrique pour le Soleil est — 0,07 (valeur moyenne pour une étoile G 2); d'où

$$C.B'_{\odot} = C.B_{\odot} - \Delta M p v_{\odot} = +0,01,$$

et de l'équation (1) nous pouvons déduire alors les résultats du tableau.

Sp.	C. B.	T_e.	$\Delta I p v$.	$\log_{10} \frac{F_{pv}}{F_{\odot pv}}$.
A 2	—0,45	9680	—0,01	0,75
F 2	—0,04	7020	—0,03	0,35
*d*F 5	—0,04	6470	—0,06	0,22
*d*F 8	—0,05	6250	—0,07	0,16
*d*G 0	—0,06	6000	—0,08	0,09
*d*G 2	—0,07	5710	—0,08	0,00
*d*G 5	—0,10	5360	—0,09	—0,12
*d*G 8	—0,10	5080	—0,11	—0,20
*d*K 0	—0,11	4910	—0,14	—0,25
*d*K 2	—0,15	4650	—0,20	—0,35
*d*K 5+	—0,85	3900	—0,25	—0,90
*g*F 5	—0,08	6470	—0,10	+0,22
*g*F 8	—0,17	5640	—0,11	—0,05
*g*G 0	—0,25	5200	—0,12	—0,22
*g*G 2	—0,31	4940	—0,14	—0,32
*g*G 5	—0,39	4620	—0,15	—0,47
*g*G 8	—0,47	4380	—0,17	—0,58
*g*K 0	—0,54	4230	—0,20	—0,66
*g*K 2	—0,72	3950	—0,22	—0,84
*g*K 5	—1,35	3580	—0,30	—1,23

Ces résultats seront publiés ultérieurement, de façon plus détaillée; nous donnerons les valeurs absolues du flux.

([3]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 718.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le transformé de charge des opérateurs de la théorie de l'électron de Dirac*. Note (*) de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

A la partie positive et négative du spectre de l'opérateur d'énergie W d'un électron de Dirac libre correspondent deux sous-espaces R_+ et R_- de l'espace R des états d'un électron, caractérisés par les projecteurs Λ_+, Λ_-

$$(1a)\quad \begin{cases} \Lambda_+ = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{W}{+\sqrt{W^2}}\right), \quad \Lambda_- = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{W}{+\sqrt{W^2}}\right), \\ \Lambda_+ + \Lambda_- = 1, \quad \Lambda_+^2 = \Lambda_+, \quad \Lambda_-^2 = \Lambda_-, \quad \Lambda_+\Lambda_- = \Lambda_-\Lambda_+ = 0; \end{cases}$$

$$(1b)\quad \Lambda = \Lambda_+ - \Lambda_- = \frac{W}{+\sqrt{W^2}}, \quad \Lambda^2 = 1;$$

$$(1c)\quad M = \Lambda_+ M \Lambda_+ + \Lambda_- M \Lambda_- + \Lambda_+ M \Lambda_- + \Lambda_- M \Lambda_+ .$$

Les éléments de base $\varphi_{\underline{r}}(x)$ de R peuvent être choisis de façon à être des éléments soit de R_+ soit de R_-. Un indice non souligné r note un état d'énergie positive, un indice primé s' un état d'énergie négative.

On peut faire correspondre à chaque élément $\varphi_r = \varphi_r(x)$ de R_+ un élément $\varphi_{r'} = \varphi_{r'}(x)$ de R_-, et inversement, par les relations ([1]) :

$$(2a)\quad \varphi_r^* = C\varphi_{r'}; \quad \varphi_r = \varphi_{r'}^* . C^{-1}; \quad \varphi_{r'}^* = C\varphi_r; \quad \varphi_{r'} = \varphi_r^* . C^{-1};$$

$$(2b)\quad C^{-1}\gamma_1^* C = \gamma_1, \quad C^{-1}\gamma_2^* C = \gamma_2, \quad C^{-1}\gamma_3^* C = \gamma_3, \quad C^{-1}\gamma_4^* C = -\gamma_4.$$

Les opérateurs hermitiens γ_i satisfont aux relations $\gamma_i\gamma_k + \gamma_k\gamma_i = 2\delta_{ik}$, $i, k = 1, 2, 3, 4$. La matrice γ_i^* est la conjuguée complexe de la matrice γ_i. C est une matrice unitaire dépendant de la représentation matricielle ([2]) des γ_i.

Le transformé de charge ([3]) d'un opérateur M de R introduit par la relation

$$(3a)\quad \overline{\overline{M}} = C^{-1} M^* C$$

peut être défini cependant indépendamment de la matrice C et de la représentation matricielle. En exprimant M à l'aide de x, $\partial/\partial x$, et des γ_i, $i = 1, 2, 3, 4$, $M = M(i, x, \partial/\partial x, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4)$, on conclut de (2b) que le transformé de charge de M s'obtient par $i \to -i$, $\gamma_4 \to -\gamma_4$,

$$(3)\quad \overline{\overline{M}} = M(-i, x, \partial/\partial x, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, -\gamma_4).$$

Cette définition de $\overline{\overline{M}}$ peut être encore simplifiée en exprimant M en fonction

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) W. Pauli, *Ann. de l'Inst. H. Poincaré*, 6, 1936, p. 137; L. de Broglie, *Une nouvelle conception de la lumière*, 1934, Paris.

([2]) W. H. Furry, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 56.

([3]) F. J. Belinfante, *Physica*, 6, 1939, p. 849.

de l'opérateur anti-hermitien $\check{\gamma}_0 = i\gamma_4$ et des trois opérateurs hermitiens $\check{\gamma}_1 = \gamma_1$, $\check{\gamma}_2 = \gamma_2$, $\check{\gamma}_3 = \gamma_3$, satisfaisant aux relations $\check{\gamma}_i\check{\gamma}_k + \check{\gamma}_k\check{\gamma}_i = -2g_{ik}$, $g_{00} = 1$, $g_{11} = g_{22} = g_{33} = -1$, $g_{ik} = 0\, i \neq x k$, $\mathrm{M} = \mathrm{M}(i, x, \partial/\partial x, \check{\gamma}_0, \check{\gamma}_1, \check{\gamma}_2, \check{\gamma}_3)$. Comme $i \to -i$, $\gamma_4 \to -\gamma_4$ correspond à $\gamma_0 \to \gamma_0$, on obtient le transformé de charge $\overline{\overline{\mathrm{M}}} = \mathrm{M}(-i, x, \partial/\partial x, \check{\gamma}_0, \check{\gamma}_1, \check{\gamma}_2, \check{\gamma}_3)$ simplement en changeant le signe de l'unité imaginaire dans l'expression de M.

En écrivant $\mathrm{M} = \mathrm{M}_1 + \mathrm{M}_2$, $\mathrm{M}_1 = (1/2)(\mathrm{M} + \overline{\overline{\mathrm{M}}})$, $\mathrm{M}_2 = (1/2)(\mathrm{M} - \overline{\overline{\mathrm{M}}})$, tout opérateur M peut être décomposé en une partie $\mathrm{M}_1 = \overline{\overline{\mathrm{M}}}_1$ égale et une partie $\mathrm{M}_2 = -\overline{\overline{\mathrm{M}}}_2$ opposée à sa transformée de charge. Les opérateurs hermitiens I, x, $-\partial^2/\partial x^2$, $i\gamma_1\gamma_4$, $i\gamma_2\gamma_3\gamma_4$ sont égaux, les opérateurs hermitiens $i(\partial/\partial x)$, $i[z(\partial/\partial y) - y(\partial/\partial z)]$, $i\gamma_2\gamma_3$, γ_4 sont opposés à leurs transformés de charge.

A l'aide de ($2a$), ($3a$), on obtient pour les éléments de matrice

$$(r\,|\,\mathrm{M}\,|\,s) = \int \varphi_r^* \mathrm{M} \varphi_s \, dx$$

correspondant aux différents termes de ($1c$) les relations

$$(4)\qquad \begin{cases} (r\,|\,\mathrm{M}\,|\,s) = (r'\,|\,\overline{\overline{\mathrm{M}}}\,|\,s')^*, & (r'\,|\,\mathrm{M}\,|\,s') = (r\,|\,\overline{\overline{\mathrm{M}}}\,|\,s)^*, \\ (r\,|\,\mathrm{M}\,|\,s') = (r'\,|\,\overline{\overline{\mathrm{M}}}\,|\,s)^*, & (r'\,|\,\mathrm{M}\,|\,s) = (r\,|\,\overline{\overline{\mathrm{M}}}\,|\,s')^*. \end{cases}$$

Pour un opérateur hermitien on a $(r\,|\,\overline{\overline{\mathrm{M}}}\,|\,s)^* = (s\,|\,\overline{\overline{\mathrm{M}}}\,|\,r)$, et ces relations donnent pour des opérateurs hermitiens M égaux ou opposés à leurs transformés de charge

$$(5a)\qquad \begin{cases} (r'\,|\,\mathrm{M}\,|\,s') = (s\,|\,\mathrm{M}\,|\,r), & (r\,|\,\mathrm{M}\,|\,s') = (s\,|\,\mathrm{M}\,|\,r'), \\ (r'\,|\,\mathrm{M}\,|\,s) = (s'\,|\,\mathrm{M}\,|\,r) & \text{si}\quad \mathrm{M} = \overline{\overline{\mathrm{M}}}, \end{cases}$$

$$(5b)\qquad \begin{cases} (r'\,|\,\mathrm{M}\,|\,s') = -(s\,|\,\mathrm{M}\,|\,r), & (r\,|\,\mathrm{M}\,|\,s') = -(s\,|\,\mathrm{M}\,|\,r'), \\ (r'\,|\,\mathrm{M}\,|\,s) = -(s'\,|\,\mathrm{M}\,|\,r) & \text{si}\quad \mathrm{M} = -\overline{\overline{\mathrm{M}}}. \end{cases}$$

L'opérateur $1/2(\mathrm{M}\Lambda + \Lambda\mathrm{M})$ formé à l'aide de l'opérateur Λ défini par ($1b$) est un opérateur pair, et l'on a selon ($1a$), ($1b$)

$$(6)\qquad \begin{cases} \Lambda_+ \dfrac{\mathrm{M}\Lambda + \Lambda\mathrm{M}}{2} \Lambda_+ = \Lambda_+\mathrm{M}\Lambda_+, & \Lambda_- \dfrac{\mathrm{M}\Lambda + \Lambda\mathrm{M}}{2} \Lambda_- = -\Lambda_-\mathrm{M}\Lambda_-, \\ \Lambda_+ \dfrac{\mathrm{M}\Lambda + \Lambda\mathrm{M}}{2} \Lambda_- = 0, & \Lambda_- \dfrac{\mathrm{M}\Lambda + \Lambda\mathrm{M}}{2} \Lambda_+ = 0. \end{cases}$$

Selon les relations ($5a$), ($5b$), $1/2(\mathrm{M}\Lambda + \Lambda\mathrm{M})$ est pour $\mathrm{M} = \overline{\overline{\mathrm{M}}}$ opposé, pour $\mathrm{M} = -\overline{\overline{\mathrm{M}}}$ égal à son transformé de charge.

Le sens physique de la correspondance entre les opérateurs de la théorie d'une seule particule et de la théorie du positron se dégage à l'aide de la distinction entre les opérateurs caractérisés par $\mathrm{M} = \overline{\overline{\mathrm{M}}}$ et $\mathrm{M} = -\overline{\overline{\mathrm{M}}}$.

CAPILLARITÉ. — *Modifications de l'hystérésis de mouillage eau-paraffine. Rôle de l'air retenu par la surface solide.* Note de Mme **Lina P. Guastalla**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Cette étude a été faite par la méthode de la lame plongeante. Rappelons (1) que l'on détermine la tension d'adhésion $\Gamma = A \cos\theta$ (A, tension superficielle du liquide; θ, angle de raccordement solide-liquide) en mesurant la force verticale qui agit sur une lame paraffinée que l'on descend dans l'eau, puis que l'on remonte. Si l'on porte la force verticale en fonction de la profondeur de la lame, on observe deux valeurs constantes f_1 et f_2 de la force, l'une correspondant à l'immersion, l'autre à l'émersion. On en tire par la relation $f = \varpi\Gamma$ (ϖ, périmètre de la lame) deux valeurs de la tension d'adhésion ($\Gamma_1 = A \cos\theta_1$, tension d'entrée; $\Gamma_2 = A \cos\theta_2$, tension de sortie). Le graphique met en évidence un cycle d'hystérésis.

L'hystérésis du mouillage peut être due au fait que la surface solide émergeante n'est pas dans le même état qu'avant son immersion (réaction chimique, molécules adsorbées ou film prélevé). Ce n'est pas le cas du système paraffine-eau (le premier cycle de mouillage est identique au second fait aussitôt après). On est alors amené à lier l'hystérésis à la rugosité de la surface solide (2).

Dans cette hypothèse, j'ai cherché à comparer le cycle obtenu avec des lames enduites de paraffine fondue au bain-marie avec des cycles correspondant à des surfaces paraffinées, d'une part, *a. plus polies*, d'autre part, *b. plus rugueuses*.

a. En recuisant à l'étuve vers 75° C des lames de clinquant paraffinées au bain-marie et en les laissant refroidir lentement dans l'étuve éteinte, j'ai obtenu des lames paraffinées présentant un poli presque spéculaire. Le cycle est alors plus petit que celui des lames paraffinées ordinaires (*fig*. 1). On notera que l'agrandissement du cycle, quand on passe de la paraffine recuite à la paraffine ordinaire, tient plus à l'augmentation de la tension d'entrée qu'à la diminution de la tension de sortie (3).

b. J'ai essayé d'*accidenter* artificiellement la surface en vue d'obtenir une augmentation du cycle. Les premiers essais ont consisté à strier horizontalement la paraffine. Le ménisque s'accroche à chaque strie et saute irréversiblement d'une strie à l'autre au cours de l'immersion et de l'émersion (d'où interprétation raisonnable de l'hystérésis). Toutefois l'agrandissement du

(1) J. et L. P. Guastalla, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2054.

(2) *Cf*. F. E. Bartell et Wooley, *J. A. C. S.*, 55, 1933, p. 3519; F. E. Bartell, J. L. Culbertson et M. A. Miller, *J. of Phys. Chem.*, 40, 1936, p. 881.

(3) Nous devons renoncer à l'idée d'un Γ moyen indépendant de l'état de la surface. (*Cf*. J. et L. P. Guastalla, *loc. cit.*)

cycle obtenu dans ces conditions est dû à la diminution de la tension de sortie plus qu'à l'augmentation de la tension d'entrée.

Après divers essais, je me suis arrêtée à l'emploi de surfaces paraffinées frappées normalement avec une brosse dure. Les lames ainsi préparées sont trouées de petites excavations et hérissées de minuscules fragments. Les essais faits sur ces lames, comparés aux résultats de la paraffine ordinaire, montrent un agrandissement du cycle, agrandissement dû plus à l'augmentation de la

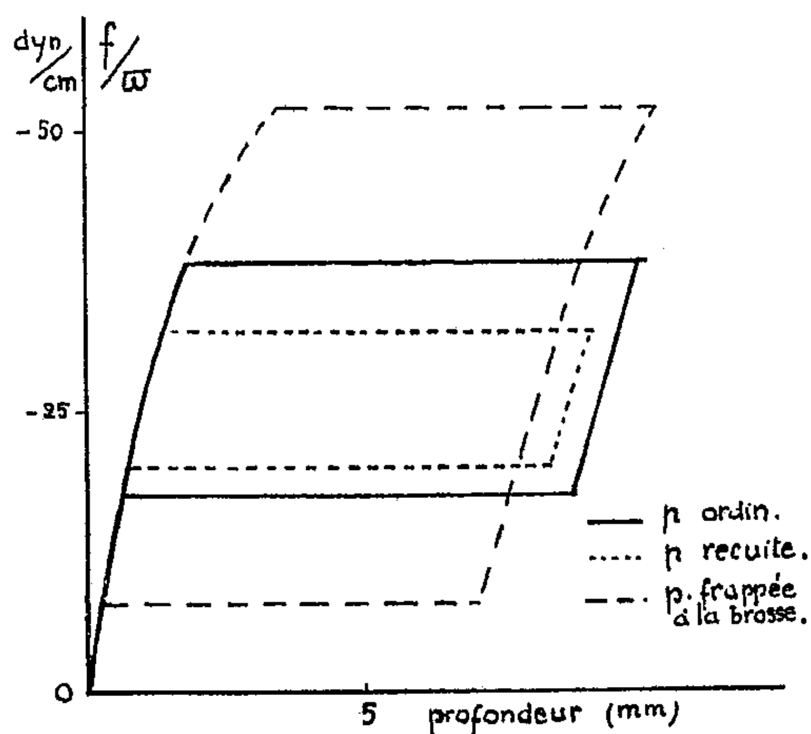


Fig. 1.

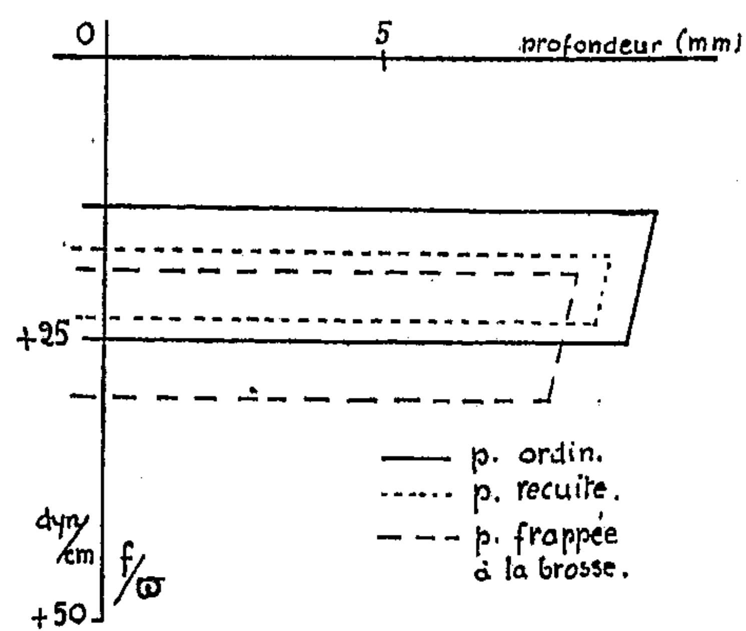


Fig. 2.

tension d'entrée qu'à la diminution de la tension de sortie. Ainsi l'agrandissement du cycle, réalisé artificiellement de cette façon, présente des caractéristiques analogues à l'agrandissement de cycle constaté lorsque l'on passe de la paraffine recuite à la paraffine fondue au bain-marie.

L'examen de la lame paraffinée frappée à la brosse, plongée dans l'eau, montre la présence de bulles d'air retenues par les irrégularités de la surface (alors que les simples stries n'emprisonnent pas l'air). On a confirmé le rôle de l'air retenu par la surface en comparant les tensions d'adhésion entre paraffine ordinaire, paraffine recuite, paraffine frappée à la brosse, et solutions de Nékal (mouillant énergique qui empêche la rétention des bulles d'air) (*fig.* 2). Le cycle de la paraffine frappée à la brosse, beaucoup plus grand dans l'eau pure que celui de la paraffine ordinaire, a ici une importance à peu près égale à celle du cycle de la paraffine ordinaire.

ÉLECTROACOUSTIQUE. — *Sur la décroissance avec la fréquence des effets électrocinétiques alternatifs.* Note de M. **Jean-Pierre Causse**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les différences de potentiel alternatives produites par les ultrasons dans un corps poreux ou dans une suspension colloïdale ont pu être mesurées de 8 à 80 kilocycles par seconde. Constant pour du sable, leur niveau décroît très vite au-dessus de 50 kc/s pour une suspension d'argent, les deux faits nouveaux constituent la première vérifieation précise de la théorie de Hermans.

Debye (1) a prévu en 1933 l'existence d'une différence de potentiel alternative entre les nœuds et les ventres d'un système ultrasonore stationnaire établi dans un électrolyte en solution. La pression ultrasonore, en effet, rompt la symétrie initiale du nuage d'ions et lui confère un certain moment dipolaire; en intégrant sur le quart de la longueur d'onde, on peut ainsi calculer la valeur de la différence de potentiel; même dans les cas favorables, elle reste très faible (de l'ordre du microvolt) et n'a pu être observée que récemment (2). Hermans (3) appliqua le même raisonnement à la double couche qui entoure une particule solide en suspension, prévoyant un effet beaucoup plus considérable que le précédent. La vérification expérimentale en a été faite par Rutgers en 1946 (4). Celui-ci opérait avec des ultrasons à 289 kc/s. Nous avons étendu cette observation jusqu'à 8 kc/s, c'est-à-dire dans le domaine sonore et en ondes progressives (5).

Nous avons pu observer un autre effet du même genre, qui est l'apparition d'une différence de potentiel alternative d'écoulement entre les extrémités d'un diaphragme poreux au contact d'un liquide soumis à des ondes ultrasonores (ou sonores) progressives. Divers sables en présence d'eau ont ainsi été étudiés.

Notre dispositif expérimental a été décrit ailleurs en détail (5). Les ultrasons sont produits par un générateur à magnétostriction et nous avons pu ainsi faire des mesures depuis 8 kc/s jusqu'à 80 kc/s environ. Divers effets parasites en limitent la précision et malgré les précautions prises dans les blindages, on observe tout de même un signal (de l'ordre de 10 μV) en remplissant la cuve d'eau distillée. Aussi utilisons-nous ce seuil pour étalonner nos appareils.

Un échantillon de sable fournit alors une courbe de la différence de potentiel en fonction de la fréquence semblable à la courbe d'étalonnage, tandis que pour une suspension colloïdale d'argent (*collargol* pharmaceutique) le niveau

---

(1) *J. Chem. Phys.* 1, 1933, p. 13.
(2) Yeager, Bugosh, Hovorka and Mc Carthy, *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 411.
(3) *Phil. Mag.*, 25, 1938, p. 426; 26, 1938, p. 674.
(4) *Nature*, 157, 1946, p. 74.
(5) Diplôme d'Études Supérieures Paris, 1949.

diminue sensiblement depuis 50 kc/s environ, atteignant la limite de sensibilité du récepteur vers 70 kc/s. La différence de potentiel est divisée par trois dans cet intervalle.

Le résultat ainsi obtenu est en bon accord avec la théorie de Hermans. La particule d'argent a, en effet, des dimensions inférieures à celles de la double couche qui l'entoure et Hermans prévoit dans ce cas une diminution sensible dès avant 100 kc/s. Pour les grains de sable utilisés, par contre, on se trouve dans le cas où la double couche est très petite devant le diamètre de la particule et le calcul ne prévoit de variation notable qu'au-dessus de 300 kc/s.

La nette décroissance observée explique sans doute la très faible différence de potentiel trouvée par Rutgers (4) avec une suspension d'argent, en opérant à 289 kc/s.

Nous avons enfin à signaler un travail de Williams (6), publié entre temps, qui a observé, mais seulement qualitativement, un effet avec des corps poreux jusqu'à 50 kc/s.

OPTIQUE. — *Calcul des filtres interférentiels*. Note de M. **Jean Roig** et Mlle **Christiane Descamps**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. Un support transparent d'indice N porte des couches alternées à faces planes et parallèles d'indice réel ou complexe n et n' et d'épaisseurs respectives d et d'. Du côté opposé au support, le filtre est en contact avec un milieu n_0, par une couche d'indice n. Le filtre sera *pair ou impair* selon le nombre des couches intermédiaires entre n_0 et N. Nous calculerons, *sous l'incidence normale*, le facteur de réflexion et le facteur de transmission. P. Cotton (1) a résolu le problème par une série de constructions graphiques. *Des formules de récurrence* permettent d'éviter ce cheminement.

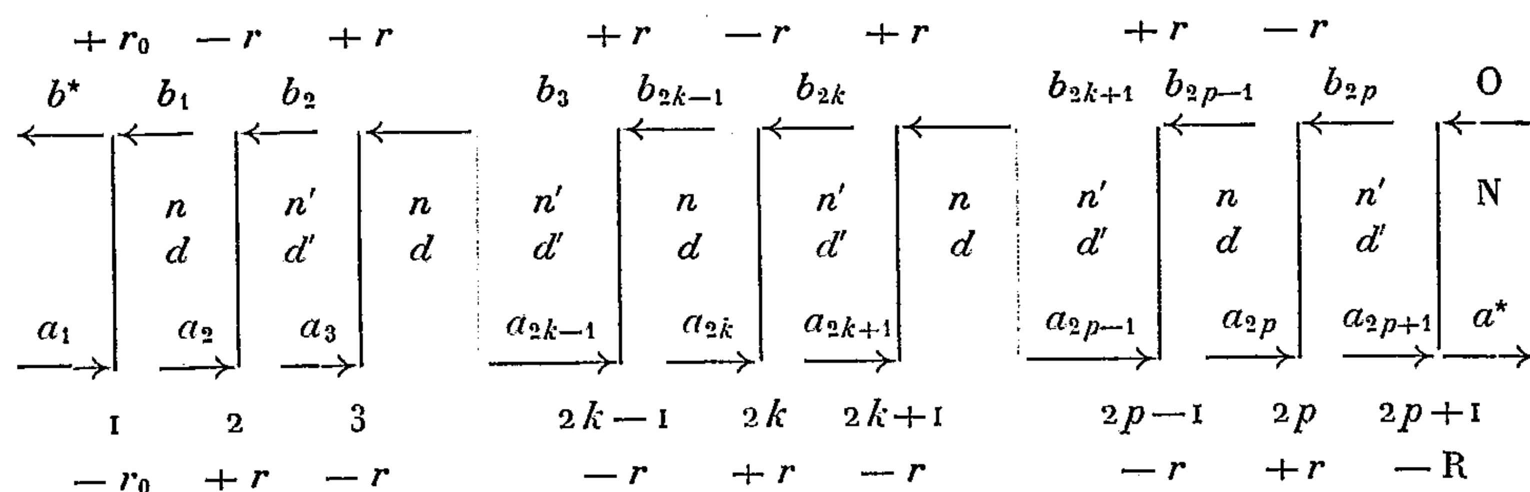
II. $$f = e^{-2\pi j \frac{\nu}{c} n d}, \qquad f' = e^{-2\pi j \frac{\nu}{c} n' d'}, \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$r_0 = \frac{n - n_0}{n + n_0}, \qquad r = \frac{n - n'}{n + n'}, \qquad R = \frac{N - n'}{N + n'} \ (\text{pair}), \qquad R = \frac{N - n}{N + n} \ (\text{impair}).$$

Les surfaces de séparation, depuis le milieu n_0 jusqu'au milieu N, seront numérotées 1, 2, ..., $2k$, $2k+1$, ..., $2p$, $2p+1$ (pair) et ..., $2p+1$, $2p+2$ (impair). La lumière vient du milieu n_0, donc de la gauche sur la figure. Sur la surface k, arrive de la gauche une onde résultante qui a sur cette surface l'amplitude complexe a_k et de la droite l'onde résultante d'amplitude complexe b_k. La figure (filtre pair) précise les notations et les pouvoirs réflecteurs pour a et b.

(6) *Rev. of Sc. Instr.*, 19, 1948, p. 640.

(1) P. Cotton, *Annales de Physique*, 2, 1947, p. 209



b^* et a^* désignent les amplitudes complexes réfléchie et transmise, mesurées sur les surfaces extrêmes. *Nous prendrons pour inconnue la fonction* $\mathcal{E}$,

$$\mathcal{E}_{2k}=a_{2k}-b_{2k},\qquad \mathcal{E}_{2p+1}=a_{2p+1}\ (\text{pair}),\qquad \mathcal{E}_{2p+2}=a_{2p+2}\ (\text{impair}).$$

$$(1)\qquad \begin{cases} f'(1+r)\mathcal{E}_{2k}=(1+rf'^2)a_{2k+1}-f'^2(1+r)b_{2k+1}, \\ f(1-r)\mathcal{E}_{2k+2}=f^2(1-r)a_{2k+1}-(1-rf^2)b_{2k+1}; \end{cases}$$

$$(2)\qquad \begin{cases} f(1-r)\mathcal{E}_{2k-1}=(1-rf^2)a_{2k}-f^2(1-r)b_{2k}, \\ f'(1+r)\mathcal{E}_{2k+1}=f'^2(1+r)a_{2k}-(1+rf'^2)b_{2k}; \end{cases}$$

$$(3)\qquad \alpha\mathcal{E}_{2k+2}+\alpha'\mathcal{E}_{2k}=\beta\mathcal{E}_{2k+1},\qquad \alpha'\mathcal{E}_{2k+1}+\alpha\mathcal{E}_{2k-1}=\beta\mathcal{E}_{2k};$$

$$(4)\quad \alpha=f(f'^2-1)(1-r);\qquad \alpha'=f'(f^2-1)(1+r);\qquad \beta=f^2f'^2+r(f^2-f'^2)-1.$$

Les équations (3) prennent une forme différente à l'entrée et à la sortie

$$(5)\qquad \alpha'\mathcal{E}_3+\alpha_0\mathcal{E}_1=\beta\mathcal{E}_2,\qquad \alpha_0=f(f'^2-1)(1-r_0),$$

$$(6)\qquad \begin{cases} ff'(1-r)\mathcal{E}_{2p-1}+(f^2-1)\mathcal{E}_{2p+1}=f'(f^2-r)\mathcal{E}_{2p}\quad (\text{pair}), \\ ff'_{(1+2)}(1+r)\mathcal{E}_{2p}+(f'^2-1)\mathcal{E}_{2p+2}=f(f'^2+r)\mathcal{E}_{2p+1}\ (\text{impair}). \end{cases}$$

III. La solution générale des équations (3) s'exprime au moyen des constantes arbitraires $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$

$$(7)\qquad \mathcal{E}_{2k+1}=\mathcal{A}\psi^k+\mathrm{A}\mathcal{B}\psi^{-k};\qquad \mathcal{E}_{2k+2}=\mathrm{A}\mathcal{A}\psi^k+\mathcal{B}\psi^{-k},$$

ψ est l'une des deux racines inverses l'une de l'autre de

$$(8)\qquad \alpha\alpha'\varphi^2+(\alpha^2+\alpha'^2-\beta^2)\varphi+\alpha\alpha'=0,\qquad \beta\mathrm{A}=\alpha+\alpha'\psi,$$

$\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ sont déterminées par des conditions d'entrée et de sortie

$$(9)\quad [1+f'^2(r-r'_0)-rr'_0]\,\mathcal{E}_2-f'(1-r'_0)(1+r)\,\mathcal{E}_3=-\alpha_0a_1\qquad (r'_0=r_0f^2),$$

$$(10)\quad [1+f^2(\mathrm{R}'-r)-r\mathrm{R}']\,\mathcal{E}_{2p}-f(1-r)(1+\mathrm{R}')\,\mathcal{E}_{2p-1}=0\ \text{pair}\qquad (\mathrm{R}'=\mathrm{R}f'^2),$$

$$[1+f'^2(\mathrm{R}''+r)+r\mathrm{R}'']\,\mathcal{E}_{2p+1}-f'(1+r)(1+\mathrm{R}'')\,\mathcal{E}_{2p}=0\ \text{impair}\qquad (\mathrm{R}''=\mathrm{R}f^2).$$

Les équations (1) et (2) donnent alors toutes les valeurs a_k, b_k; (5) donne $\mathcal{E}_1$; (6) donne $\mathcal{E}_{2p+1}$ ou $\mathcal{E}_{2p+2}$; on a enfin

$$b^*=a_1-(1+r_0)\mathcal{E}_1,\qquad a^*=(1-\mathrm{R})\mathcal{E}_{2p+1}\ (\text{pair}),\qquad a^*=(1-\mathrm{R})\mathcal{E}_{2p+2}\ (\text{impair}).$$

Les formules se simplifient si $nd=n'd'$, c'est-à-dire $f=f'$.

IV. Nous avons calculé le pouvoir réflecteur d'un système de lames quart

d'onde transparentes

$$\frac{b^*}{a_1} = 1 - \frac{2}{1+\psi^{2p}\frac{n_0}{N}}\ (\text{pair}) \quad \text{ou} \quad 1 - \frac{2}{1+\psi^{2p}\frac{N n_0}{n^2}}\ (\text{impair}) \quad \left(\psi = -\frac{n'}{n}\right).$$

Nous avons également calculé l'amplitude transmise par un système de lames transparentes demi-onde; bien que $f^2 = f'^2 = 1$, les formules s'appliquent, moyennant quelques précautions. On a : $\psi = 1 = -A$

$$\frac{a^*}{a_1} = -\frac{(1-R)(1-r_0)(1+r)}{1-R(r-r_0)-r_0 r}\ (\text{pair}) \quad \text{ou} \quad -\frac{(1-r_0)(1-R)}{1+Rr_0}\ (\text{impair}),$$

a^* ne dépend que de la parité du filtre, pour la radiation qui rend les lames demi-onde; mais le calcul montre que la sélectivité dépend du nombre des couches.

EFFET RAMAN. — *Sur les spectres Raman et infrarouges des peroxydes organiques. Recherches de la fréquence caractéristique* O-O. Note de M. **Roland Leadbeater**, présentée par M. Jean Cabannes.

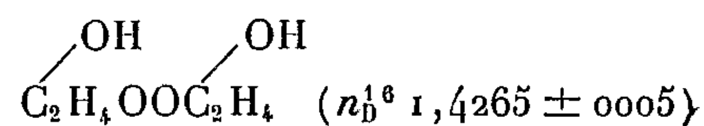
Jusqu'à présent aucune étude des spectres Raman et infrarouges des peroxydes organiques n'a été effectuée, exception faite du peroxyde de benzoyles ([1]), ([2]). Nous avons cherché à développer une méthode spectroscopique pour l'identification et éventuellement le dosage des peroxydes organiques. Dans ce but, nous avons étudié les spectres Raman d'une série de peroxydes. M. Barchewitz ayant bien voulu mesurer pour nous les spectres infrarouges de ces mêmes composés. La première étape d'une telle étude constitue en la recherche de la fréquence caractéristique du groupe O-O et les résultats communiqués dans cette Note concernent uniquement cette question.

Les peroxydes suivants ont été préparés par les méthodes de Harris ([3]), Wieland ([4]) et Rieche ([5]) et purifiés le plus loin possible : peroxyde de diéthyle



$C_2H_5OOC_2H_5$ (n_D^{15} 1,3720),

di-α-hydroxyperoxyde de diéthyle



$C_2H_4(OH)OOC_2H_4(OH)$ (n_D^{16} 1,4265 ± 0005)

(1) Kohlrausch, Pongratz et Seka, *Ber.*, 66, 1933, p. 1.

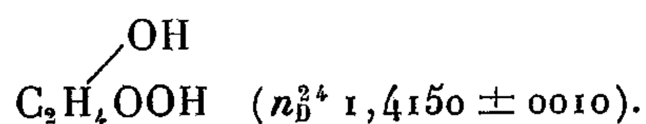
(2) Berezovskaya et Kurnosova, *J. de Physique et Chimie* (U. S. S. R.), 6, 1935, p. 125-132.

(3) *Proc. Roy. Soc.* (London), A. 168, 1938, p. 1-18.

(4) Wieland et Wingler, *Annalen*, 431, 1923, p. 311.

(5) *Berichte*, 648, 1931, p. 2328-2335.

et le mono-α-hydroxyhydroperoxyde d'éthyle



$C_2H_4(OH)OOH$ (n_D^{24} 1,4150 ± 0010).

A cause de leur grande instabilité, les hydroxy-peroxydes n'ont pu être obtenus à l'état de pureté parfaite, mais la micro-analyse a montré que les échantillons ne contenaient essentiellement que des peroxydes et pouvaient être considérés comme suffisamment purs pour l'étude des spectres Raman. En outre, aucune différence n'a pu être trouvée entre les échantillons prélevés aux différents stades de purification. Le tube Raman, contenant 12^{cm^3} était refroidi par circulation. La raie 4358 Å était utilisée comme raie excitatrice. La durée de poses était de cinq jours.

Il est généralement admis maintenant que les vibrations de valence du squelette des hydrocarbures et des éthers sont situées entre 800 et 1100 cm^{-1}. C'est dans ce même domaine qu'il faut rechercher la fréquence de valence O-O.

Les raies trouvées dans cette région du spectre dans les peroxydes et dans les éthers diéthylique (6) et dibenzylique (6) sont rassemblées dans le tableau suivant :

Éther diéthylique $C_2H_5OC_2H_5$.		Peroxyde diéthylique $C_2H_5OOC_2H_5$.		Dihydroxy peroxyde de diéthyle.	α-Mono hydroxy peroxyde éthylique.	Peroxyde de dibenzoyle.	Éther dibenzylique.	Eau oxygénée.
Raman.	Infrarouge.	Raman.	Infrarouge.	Raman.	Raman.	Raman.	Raman.	Raman.
					800 (A. I)		808 (4)	
826 } (I)	833 (I)	831 (I)	–	831 (I)	830 (I)	842 (I)	–	–
845 }	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	882 (A. I)	882 (A. I)	883 (A. I)	881 (A. I)	883 (3)	–	877 (I)
906 } (F)	–	910 } (A. I)	–	911 (I, L)	912 (I, L)	–	903 (3)	903 (F)
926 }	930 (I)	919 }	–	–	–	–	–	–
1012 } (F)	1041 (F)	1032 (I)	1045 (A. I)	1009 (F)	1003 (F)	1003 (5)	1001 (10)	–
1033 }	–	–	–	–	–	1025 (1)	–	–
1065 (F)	–	–	–	1065 (A. I)	1052 } (F)	1069	–	–
–	–	–	–	–	1064 }	–	–	–
1091 (F)	1081 (A. I)	1089 (A. I)	1083 (F)	1098 (F)	1096 (F)	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–

I = intense; A. I = assez intense; F = faible; L = large; } = bande.

Les fréquences sont des moyennes obtenues sur deux plaques. La précision est de ± 1^{cm-1}. Les chiffres donnés ici pour le peroxyde dibenzoylique représentent les moyennes des valeurs obtenues par Kohlrausch (1) et Berezovskaya (2), le spectre de H_2O_2 a été observé par Simon (7).

(6) *Nat. Bureau of Standards, U. S. A.*

(7) SIMON et FEHER, *Z. Elektrochem.*, **41**, 1935, p. 290-293.

Il est immédiatement visible qu'à part les intensités, les spectres de tous les corps examinés par nous, possèdent à peu près le même aspect dans ce domaine. On voit que la seule fréquence commune à tous nos peroxyes est située à 882 cm^{-1}) et ne se retrouve pas dans l'éther, elle se retrouve par contre dans le peroxyde de dibenzoyle (883 cm^{-1}) et dans H_2O_2 (877 cm^{-1}). On peut donc la considérer comme la fréquence caractéristique de la liaison O-O. De même cette fréquence apparaît dans le spectre infrarouge du peroxyde de diéthyle et n'apparaît pas dans celui de l'éther diéthylique. Deux fréquences intenses seulement apparaissent dans le spectre infrarouge du peroxyde de diéthyle, ce qui permet de les considérer comme des fréquences fondamentales, ce qui est en accord avec notre attribution. Il est toutefois étonnant qu'il n'y ait pas de déplacement plus notable de la fréquence O-O quand on passe de H_2O_2 aux peroxydes organiques et que le déplacement observé se fasse vers des fréquences plus élevées, contrairement à ce qu'on trouve pour la fréquence C-C quand on passe de l'éthane aux hydrocarbures supérieurs.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE THÉORIQUE. — *Diffusion de neutrons de* 90 MeV *par des particules alpha. Discussion.* Note (*) de M. **Jean Heidmann**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Dans cette Note nous allons comparer avec les résultats expérimentaux les calculs faits à propos de la diffusion de neutrons de 90 MeV par des particules alpha, calculs résumés dans une Note précédente. Aucun travail expérimental n'a été publié sur la diffusion de neutrons de 90 MeV par He; mais par le modèle *particule alpha* de Wheeler ([1]) on peut utiliser les données expérimentales sur C^{12} et O^{16}.

a. Section totale. — Considérant C et O comme triangle et tétraèdre d'arête x avec des hélions aux sommets, à partir de σ_α et x on peut, utilisant l'approximation de Born et négligeant les liaisons des hélions, calculer les sections pour C et O : σ_C et σ_O. Inversement, des valeurs expérimentales pour σ_C et σ_O on déduit : $x=(1,79\pm0,08).10^{-13}$ cm, $\sigma_\alpha=(1,70\pm0,17).10^{-25}$ cm^2.

Nous faisons ensuite des corrections pour tenir compte : 1° des doubles diffusions, proportionnelles au nombre de paires d'hélions dans C et O; 2° des liaisons des hélions, proportionnelles au nombre d'arêtes dans un triangle et un tétraèdre; 3° de ce que la probabilité pour que C et O soient dans l'état constitué d'hélions seulement est < 1, l'état le plus probable ensuite étant celui où un hélion est décomposé en un nucléon + un noyau de masse 3, d'après l'idée *resonating group structure* de Wheeler ([1]). De ces corrections, seule la

(*) Séance du 8 août 1949.

([1]) *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 1083, 1107.

deuxième est appréciable et conduit à $\sigma_\alpha = (1,74 \pm 0,17).10^{-25}$ cm²; en extrapolant tout simplement les valeurs de la section mesurées pour H, H^2, Li, Be, ... (²) on aurait $\sigma_\alpha = 1,90.10^{-25}$. Cela est inférieur d'environ 20 % à ce que nous avons calculé; l'écart peut s'expliquer par l'emploi de l'approximation de Born, de fonctions de Gauss et de l'onde plane que nous avons utilisée pour décrire le mouvement du nucléon arraché à l'hélion dans le cas *b* (³) (Note précédente).

b. Création de deutons rapides. — Les sections mesurées sur C^{12} sont très imprécises : 0,03 à $\sim$0,5 10^{-25} cm² (⁴), (⁵); notre calcul pour He, multiplié par 1 à 3, pour tenir compte des dissociations ultérieures des deutons, donne 0,15 à 0,45. Pour la demi-largeur de la dispersion angulaire des deutons rapides l'accord est bon (⁴) : calc. : 11°, exp. : 11 ± 2°;

c. Pourcentage de diffusion inélastique. — Nous trouvons que le rapport de la section de diffusion inélastique à la section totale : est 0,34; pour divers éléments, hormis He très certainement, l'expérience donne (⁶) : 0,4 à 0,5. La faible valeur pour He pourrait s'expliquer par les fortes liaisons dans l'hélion.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le pouvoir d'arrêt des émulsions nucléaires envers les particules chargées de faible énergie.* Note (*) de MM. **Pierre Cüer**, **Jean-Pierre Longchamp**, **Jean Combes** et **Serge Gorodetzky**, transmise par M. Jean Becquerel.

La détermination de la courbe parcours en fonction de l'énergie dans les émulsions nucléaires, pour des particules de faible vitesse, n'a pas encore été effectuée jusqu'ici. Elle présente cependant un grand intérêt théorique et pratique pour le calcul du pouvoir d'arrêt, d'une part, et l'étude des réactions nucléaires à faible énergie, d'autre part.

Le point le plus bas fourni par les courbes classiques de Lattès, Fowler, Cüer (charge 1), est celui des tritons de $9^{cm},3$ d'air donnant un pouvoir d'arrêt de 1606 pour des protons de $3^{cm},1$. Cette valeur nous paraissant anormalement faible, d'après d'autres expériences et la théorie (¹), nous avons entrepris systématiquement d'établir la courbe pour les petits parcours à l'aide de réactions d'énergie connue. Nous exposons ici les résultats relatifs au point

(²) Cook et al., *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 7.
(³) Wu, *Ashkin. Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 993.
(⁴) Brueckner et al., *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1274.
(⁵) York, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1467.
(⁶) Knable et al., *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1470.

(*) Séance du 12 septembre 1949.
(¹) P. Cüer, *Thèse*, Paris, 1947.

équivalent à des protons de 2^{cm} d'air obtenu avec les tritons de la réaction (I)



$$Li_3^6 + n_0^1 \rightarrow He_2^4 + H_1^3 \qquad Q = 4,69 + 0,06\,\text{MeV}\ (^2).$$

La valeur du pouvoir d'arrêt obtenu nous permet de proposer une valeur de Q en accord avec les masses pour la réaction à tritons (II)



$$Be_4^9 + H_1^2 \rightarrow H_1^3 + Be_4^8.$$

Pour des faibles vitesses où la perte d'énergie par grain dE est dans la zone de *quasi-saturation* de la courbe de sensibilité, la réponse de l'impression à des rapports $(dE_1/dE_1) \sim s^4$ est peu appréciable, alors qu'aux grandes vitesses un rapport 1,5 est très apparent. Des moyens de discrimination artificiels peuvent être utilisés, tels le sous-développement [3] ou l'affaiblissement de l'image [4]. Une solution d'application générale consiste à choisir une émulsion à seuil de sensibilité plus élevé, mais à grains fins pour éviter le raccourcissement éventuel des traces.

A cet usage, nous avons fait charger des émulsions Ilford D_1 au lithium en concentration telle que la variation du pouvoir d'arrêt par rapport aux émulsions nucléaires normales soit 0,5 %. (Ce n'est pas du tout le cas des émulsions au Bore utilisées pour les études cosmiques, dont le pouvoir d'arrêt est au minimum de 5 % plus faible. Ce facteur a été omis à notre connaissance dans toutes les études publiées jusqu'ici.)

L'émulsion d'environ 50^{μ} a été exposée à une distance voisine de 30^{cm} de la cible dans un cube de paraffine (70^{cm} d'arête) pour rendre la distribution neutronique homogène et assez pure de neutrons rapides. La source de neutrons utilisée était la réaction $Be_4^9 + H_1^2$. Pour raison de commodité on a fonctionné dans les conditions suivantes : 1 MeV et 500 μA ; temps d'exposition 10 minutes. Le nombre de traces par champ était de l'ordre de quelques unités, la plupart se trouvant dans un plan horizontal (loi du sinus pour une distribution isotrope). Les mesures étaient effectuées avec un microscope Zeiss à objectif 1/12 et oculaire $\times 15$. L'étalonnage absolu a été très soigneusement effectué au centre du champ dans le domaine des mesures à l'aide d'échelles différentes dont une échelle étalon gravée Zeiss. L'erreur absolue et statistique de la calibration était quelque peu inférieure à 0,5 %.

On a utilisé 214 traces horizontales (profondeur du champ environ 1^{μ}). Le $\sigma_{exp.}$ de la répartition statistique est environ $1^{\mu},15$, qui, après correction d'aire, indique $0^{\mu},85$. Le parcours moyen est de $35,46 \pm 0^{\mu},2$.

L'énergie des tritons indiquée par la réaction (II) est 2,65 MeV à 2 % près, soit 0,883 MeV pour des protons de $11^{\mu},82$. L'exposition et les mesures ayant

---

(2) J. K. Bøggild et L. Minnhager, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 782.

(3) P. Cüer, M. Morand et E. Cotton, *Cah. Physique*, 22, 1944, p. 72.

(4) H. Farragi, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 527.

été effectuées sur couche mince, à une humidité relative d'environ 60 %, nous pensons l'incertitude du résultat au plus égale à environ 3 %.

A l'aide du point obtenu par ailleurs ([5]) à 1^{cm} d'air avec la réaction à l'azote (0,56 ± 0,02 MeV; 6,13 ± 0,08$^{\mu}$), nous constatons que la précision de la courbe parcours-énergie pour les protons de petits parcours dans l'émulsion est inférieure à celle actuellement admise dans l'air (environ 6 %). Le pouvoir d'arrêt moyen pour des protons d'environ 2^{cm} d'air est donc voisin de 1690. Bien que les mesures n'aient pas été orientées dans ce sens, donc assez imprécises, nous trouvons pour le parcours environ 6^{μ} (réaction I), soit un pouvoir d'arrêt environ 1650, voisin de celui des particules du samarium.

La précision statistique de la mesure du parcours des tritons de (II) étant bonne dans le travail de Lattès, Fowler, Cüer, le Q utilisé ([6]) pour la réaction paraît trop faible (Q = 4,32 MeV), nous proposons donc d'employer la valeur découlant des masses les plus récemment déterminées ([7]), soit Q = 4,53 MeV. Avec cette valeur, l'énergie des protons de même vitesse est 1,27 MeV et le pouvoir d'arrêt environ 1 700, valeur tout à fait conforme aux résultats de nos expériences.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la dissymétrie Est-Ouest présentée par les traces isolées, dues aux rayons cosmiques, dans les émulsions sensibles.* Note de MM. **Hassan Moucharafyeh**, **Max Morand** et Mlle **Simone Rebaud**, présentée par M. Jean Cabannes.

Une valeur limite pour la proportion des traces de mésons μ visibles dans les émulsions nucléaires Ilford C_3 + B a été obtenue. Elle ne permet pas d'expliquer la valeur de la dissymétrie Est-Ouest observée au voisinage de l'équateur géomagnétique sur l'ensemble des traces isolées produites par les rayons cosmiques.

On sait que des expériences récentes ([1]), effectuées au voisinage de l'équateur géomagnétique, ont permis de constater l'existence d'une dissymétrie Est-Ouest dans la répartition des traces isolées dues aux rayons cosmiques. L'explication de cette dissymétrie implique nécessairement le choix d'une hypothèse convenable sur l'origine et la nature de ces traces. Par exemple, si on y voit uniquement des branches d'étoiles produites par des évaporations nucléaires dans l'air et dans les matériaux avoisinant l'émulsion sensible ([2]),

([5]) P. Cüer, M. Morand, T. King et R. Locqueneur, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 557; R. Locqueneur, *Dipl. Et. Sup.* à paraître au *Journ. Phys. et Rad.*

([6]) Williams, Haxby et Shepherd, *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 1031.

([7]) H. A. Bethe, *Elementary nuclear theory*, 1947.

([1]) M. Morand, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1488; 229, 1949, p. 40; M. Morand, L. Winand et C. Beets, *Bull. Soc. roy. sci. Liége*, n°s 4 et 5, 1949, p. 134; C. Beets, M. Morand et L. Winand, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1227.

([2]) Bagge, dans Heisenberg, *Cosmic Radiation*.

on s'interdit de rendre compte du phénomène observé, car les particules provenant d'une évaporation nucléaire ont, en moyenne, une distribution pratiquement isotrope. Mais on sait que les nucléons les plus énergétiques du rayonnement cosmique peuvent produire des faisceaux dirigés de particules lourdes relativistes ou subrelativistes, permettant d'expliquer la dissymétrie mise en évidence.

Il restait toutefois à savoir dans quelle mesure on devrait assimiler les traces observées (ou, du moins, un grand nombre d'entre elles) à celles de mésons μ en provenance de la haute atmosphère. Cette interprétation serait séduisante, puisqu'elle identifierait la dissymétrie observée sur les traces isolées à celle qui a déjà été étudiée par plusieurs auteurs ([3]), avec des compteurs montés en télescopes.

A cet effet, nous avons systématiquement cherché à identifier la nature et le sens de parcours des traces isolées; pour cela, nous avons seulement retenu les traces qui se terminent dans l'émulsion : leur sens est parfaitement défini; d'autre part, le scattering et la variation de la densité de granulation en fin de parcours éliminent pratiquement toute confusion possible entre les mésons μ et les particules lourdes (pour autant que leur longueur visible soit suffisante). La plaque examinée est une Ilford C_3+B, de 240^{μ} d'épaisseur vierge. Elle était placée dans une boîte en aluminium mince (épaisseur $0^{mm},3$) et exposée verticalement au sommet du Karisimbi (Congo Belge, alt. 4500^{m}, 1° lat. géomg. S). La durée d'exposition a été de deux mois. Sur 176 traces ainsi observées, 116 sont descendantes et, parmi celles-ci, il y a 10 mésons certains et 3 douteux.

Ce résultat permet de rejeter l'assimilation *a priori* d'un très grand nombre de traces isolées à celles de mésons μ. En effet, la dissymétrie maximum mesurée, sur des particules de grande énergie, par Schein, Yngre et Kraybill, et, plus récemment, par Biehl, Neher et Roesch, varie, à l'équateur, entre 0,16 et 0,37. De plus, il faut noter que la valeur de cette dissymétrie serait beaucoup plus petite, si elle était observée sur des mésons d'énergie inférieure à 5 MeV, seuls visibles dans une émulsion C_3, à cause du scattering très important qu'ils auraient subi. La dissymétrie due aux mésons μ est donc vraisemblablement présente dans nos traces finissantes, mais elle est diminuée dans le rapport du nombre des mésons à celui des autres particules; elle est, par conséquent, inférieure à 1,2 ou 3 %.

Il nous reste, maintenant, à relier la dissymétrie relative aux traces finissant dans l'émulsion à la dissymétrie observée sur toutes les traces isolées. Pour

---

([3]) T. H. Johnson, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 381; L. Alvarez et A. H. Compton, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 836; B. Rossi, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 212; Schein, Yngre et Kraybill, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 928; A. T. Biehl, H. V. Neher et W. C. Roesch, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 914.

résoudre ce problème, il faut d'abord remarquer que, dans une émulsion C_3, la longueur maximum visible est d'environ 1 000$^\mu$ pour un méson μ, tandis que la longueur correspondante est d'environ 9 000$^\mu$ pour un proton ; d'autre part, la longueur moyenne de toutes les traces isolées (finissant ou non) est d'environ 570$^\mu$ dans la plaque étudiée. Pour les mésons lents on peut admettre que le spectre d'énergie est sensiblement constant [4]. Nous déterminons actuellement le spectre d'énergie des protons isolés. Mais on peut déjà admettre qu'il est analogue à celui des mésons, par conséquent la probabilité d'obtenir un méson finissant dans l'émulsion est 570/1 000, tandis que, pour un proton, cette probabilité est seulement égale à 570/9 000. Dans la mesure où la dissymétrie serait due uniquement aux mésons μ, la dissymétrie observée sur l'ensemble des traces isolées devrait être neuf fois inférieure à celle relative aux traces finissantes. Elle serait donc inférieure à 0,15 ou 0,4 %. Ces valeurs ne peuvent rendre compte de la dissymétrie observée sur toutes les traces isolées [1], dont la valeur est comprise entre 7 et 26 %.

La majeure partie de la dissymétrie Est-Ouest observée sur les traces isolées ne peut donc s'expliquer par celle des mésons μ, et son étude est de nature à fournir des renseignements intéressants sur les principaux phénomènes produits par les nucléons les plus rapides pendant qu'ils traversent l'atmosphère.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés diélectriques de* HBr *et de* DBr *aux états liquide et solide.* Note de M. **Jack G. Powles**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons mesuré la constante diélectrique (ε') et la perte (ε'') de HBr et DBr, liquide et solide jusqu'à -210° C pour des fréquences variant de 80 c/sec à 18 Mc/sec.

Les mesures ont été faites sur trois ponts différents, selon la fréquence employée. L'échantillon était introduit par distillation sous vide, après une purification très soignée dans une cellule diélectrique en verre à électrodes de platine.

Le HBr avait déjà été étudié sur des intervalles de température et de fréquence plus restreintes [1] et, là où la comparaison est possible, nos valeurs coïncident avec les valeurs antérieures. Pour le DBr, il n'existe pas de valeurs antérieures. La figure 1 donne la variation de la constante diélectrique (ε') à 80 c/sec pour HBr [2] et DBr en fonction de la température. Les positions

(4) B. Rossi, *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 547.

(1) C. P. Smyth et C. S. Hitchcock, *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1830.

(2) J. G. Powles, *Nature*, 1950 (en cours de publication).

des maxima des points de la chaleur spécifique sont indiquées ([3]), ([4]) et le rapport avec la constante diélectrique est évident. L'hystérésis à la première transition, à la température la plus basse, est plus marquée pour DBr que pour HBr et les valeurs absolues des propriétés diélectriques semblent dépendre de l'histoire de l'échantillon. Tous les résultats donnés ici se rapportent à un échantillon *formé*, c'est-à-dire tel que les valeurs observées sont reproductibles. Il sera intéressant d'étudier cet effet pour DBr comme il a été fait pour le HBr ([5]).

Pour notre gamme de fréquence il n'y a dispersion diélectrique que pour les températures inférieures à la transition et très peu supérieures. La figure 2 montre la variation de ε' et ε'' en fonction de la fréquence aux températures indiquées (en degrés absolus). On observe nettement deux domaines de dispersion. L'existence d'un troisième domaine de dispersion situé à des fréquences plus élevées résulte du fait que ε' n'a pas atteint encore la valeur n_p^2

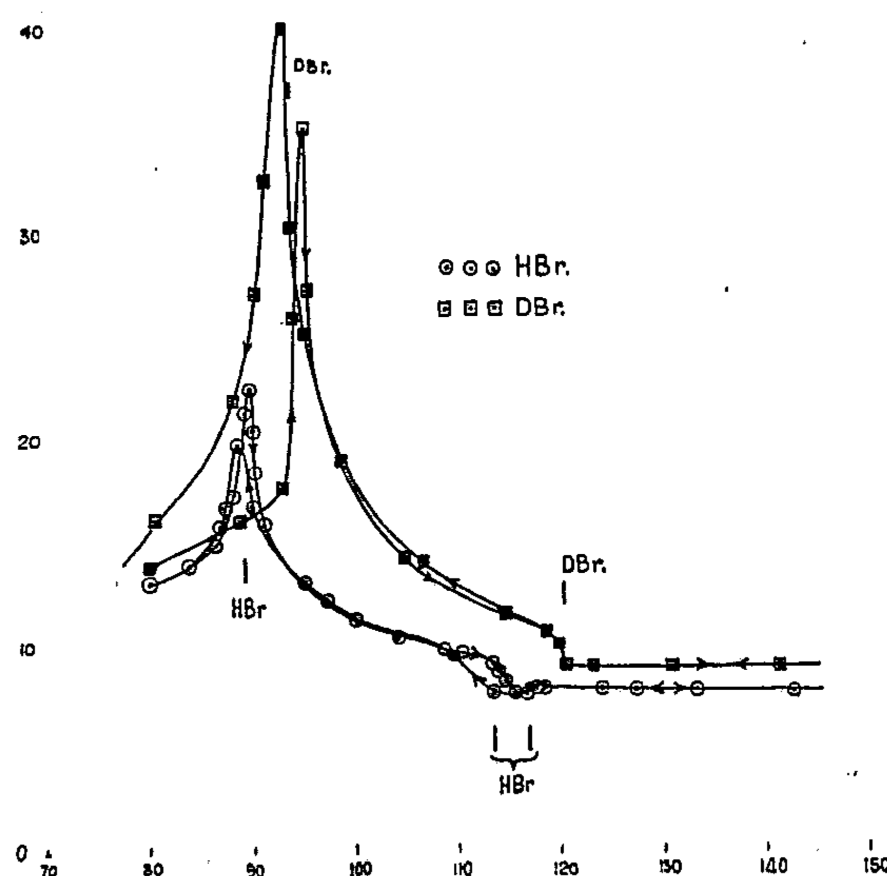


Fig. 1.

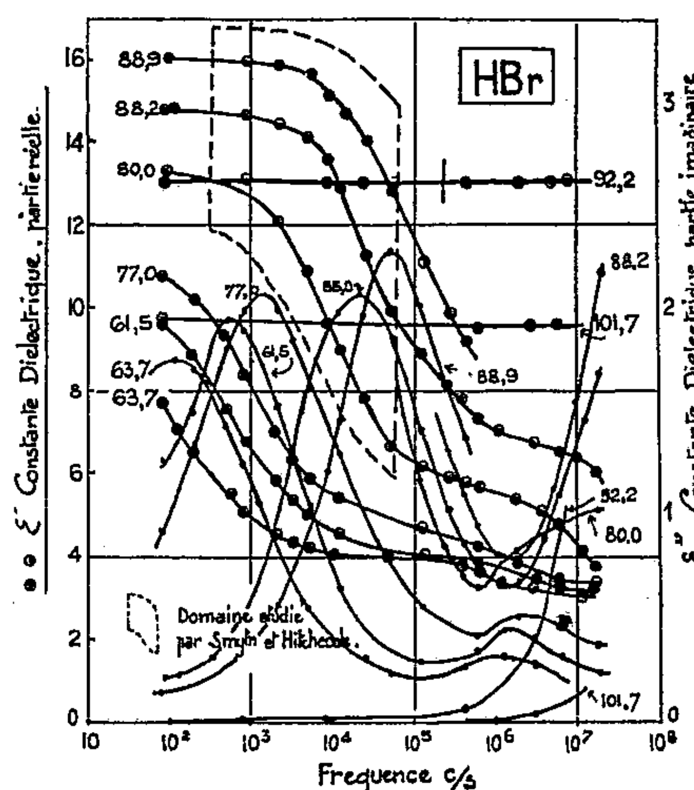


Fig. 2.

aux fréquences supérieures de la deuxième dispersion. Il est à remarquer que la première dispersion (à basse fréquence) disparaît brusquement dans un intervalle de température de deux degrés, au maximum, autour de la transition, tandis que la deuxième ne semble subir aucune modification importante à la température de transition.

Les courbes de DBr ont qualitativement la même allure que celles de HBr, sauf que les deux dispersions sont plus rapprochées en fréquence. Par contre,

---

([3]) Giauque et Weber, *J. Am. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 2193.

([4]) K. Clusius et G. Wolf, *Z. f. Natur.*, 2*a*, 1947, p. 495.

([5]) Damkohler, *Ann. der Phys.*, 5, 31, 1938, p. 76.

on observe une différence très nette quant à la variation avec la température de la fréquence critique, f_c (fréquence du maximum de ε''). Pour DBr la variation de f_c avec la température est donnée avec une bonne approximation par la relation

$$f_c = \mathrm{CT}e^{-\frac{\mathrm{E}}{\mathrm{RT}}},$$

C et E étant deux constantes. Le comportement de HBr est semblable, avec une valeur différente de C et une même valeur de E, par contre la décroissance de f_c avec la température cesse brusquement à partir d'une certaine température, T_c. Cela est vrai pour les deux dispersions, mais naturellement avec des valeurs différentes de E et T_c. Cette observation nous semble extrêmement importante pour l'interprétation de ces phénomènes. Dans une analyse théorique nous avons réussi à interpréter cet arrêt brusque de la croissance de f_c dans HBr par le début d'un effet quantique, effet tunnel. Notre calcul semble indiquer que ce phénomène serait une sorte de rotation moléculaire plutôt qu'un échange protonique entre molécules voisines.

Il est intéressant de remarquer que les mesures diélectriques signalées ici démontrent l'existence de deux processus différents correspondant aux deux zones de dispersion, ce qui doit jeter quelque lumière sur les transitions du deuxième ordre en général.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formation de complexes d'addition avec l'acide mycolique et étude de leur pouvoir de dispersion dans une phase aqueuse.* Note de M. **Israël Grundland**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons récemment attiré l'attention sur l'adhésion entre chaînes paraffiniques s'exerçant entre les lipides et les chaînes polyméthyléniques des constituants gras du bacille de Koch ([1]). Il résultait de ces expériences que la nocivité du bacille tenait à son caractère lipidique et à l'affinité pour les graisses protoplasmiques. Cette affinité tendait à rompre les cenapses lipidoprotéiques au sein du protoplasme amenant la destruction de ce dernier, d'où formation du caséum. Pour éviter l'adhésion entre chaînes paraffiniques réciproques, on pouvait essayer d'introduire un écran polaire entre le bacille et les molécules environnantes. Ceci par des substances qui, adhérant aux chaînes paraffiniques des substances grasses du bacille par des chaînes polyméthyléniques, apporteraient des groupements polaires orientés vers la phase aqueuse. Le caractère lipidique du bacille pourrait ainsi être atténué et l'on pouvait espérer réduire les manifestations pathologiques.

La présente Note porte sur la formation de complexes entre diverses sub-

---

([1]) I. Grundland et D. Luzzati, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 981.

stances organiques et l'acide mycolique ($C_{88}H_{176}O_4$) (²). Nous avons eu recours à l'acide mycolique et non au bacille entier, parce que cet acide représente un élément mieux défini et présent en proportion relativement importante dans les lipides du bacille de Koch. L'affinité à l'eau, résultant du nombre des groupements polaires acquis par les complexes ainsi formés, était évaluée par des mesures turbidimétriques du pouvoir de dispersion de ces produits dans l'eau à l'aide d'un électrophotomètre de Meunier (avec des bandes spectrales très larges dans le bleu et le rouge afin d'éviter des différences d'absorption en fonction de la longueur d'onde dues à des différences de grosseur des grains dans la solution ou suspension). L'acide mycolique seul n'est pas miscible à l'eau, les produits d'addition sont soit solubles entièrement, soit facilement mis en suspension dans l'eau. La densité optique de la cuve contenant les liquides témoins pris séparément (dans 5^{cm^3}) était évaluée et comparée à celle du mélange (produits fondus ensemble et broyés dans très peu d'eau, étendus à 5^{cm^3} et mis dans les cuves photométriques). Les lectures étaient faites toutes les 10 minutes, les cuves restant devant le trajet lumineux photométré. La formation du complexe était suivie par l'étude de la densité optique des témoins par rapport à celle du mélange. Nous concluons à la formation d'un complexe chaque fois que la densité optique du mélange s'écarte notablement de la somme des densités optiques des produits pris séparément.

Le choix des substances organiques à additionner à l'acide mycolique résultait des observations faites par divers auteurs concernant l'importance de l'encombrement moléculaire sur le pouvoir bactériostatique vis-à-vis du B. K. Ainsi, pour l'alcoxy-2 amino-5-pyridine (³), l'activité bactériostatique atteint un maximum lorsque le radical passe du méthyle à l'hexyle; pour l'alcoxy-2 amino-6-benzothiazole lorsque le radical passe de l'éthyle au butyle (⁴) ; pour l'alcoxy-2 amino-4 quinoléine lorsque le radical passe du méthyle au butyle (⁵). La longueur de la chaîne du substituant pouvait conditionner une meilleure adhésion entre les parties hydrophobes respectives et le fait de l'accroissement du pouvoir bactériostatique ainsi obtenu ajoutait de l'importance à cet aspect du problème.

Nous avons formé des complexes d'addition entre l'acide mycolique ($0^g,02$) et des esters butyrique, laurique, myristique, palmitique ou béhénique du chlorhydrate de diméthylaminoéthanol par fusion des quantités équimoléculaires. La courbe représente les densités optiques des suspensions ainsi obtenues en fonction de la longueur de la chaîne R de l'ester. La densité optique du

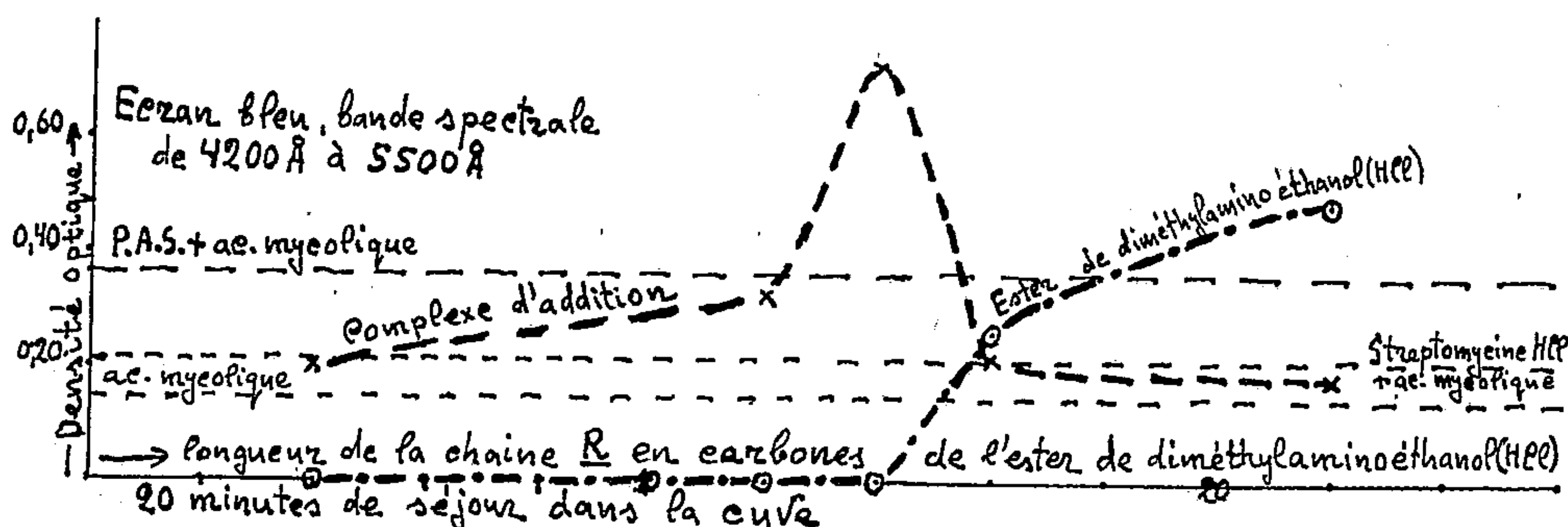
(²) F. H. STODOLA, A. LESUK et R. J. ANDERSON, *J. biol. Chem.*, 126, 1938, p. 506.

(³) FEINSTON et FRIEDMAN, *J. Pharmacol.*, 89, 1947, p. 153.

(⁴) FREEDLANDER et FRENCH, *Proc. Soc. exptl. Biol. Med.*, 66, 1947, p. 362.

(⁵) BÜCHI, HURNI et LIEBERHERR, *Helvetica Chimica Acta*, 32, 1949, p. 1806.

mélange des produits est constamment différente et supérieure à la somme des densités optiques de deux produits pris séparément, ce qui est en faveur de la formation d'un complexe. D'autre part un maximum s'accuse pour le produit d'addition obtenu avec un ester en C_{14}. Au-dessous de C_{14} l'adhésion entre



les chaînes paraffiniques ne semble pas assez forte pour avoir un caractère de constance vis-à-vis de l'acide mycolique et pour lui communiquer durablement une affinité pour l'eau. Au-dessus de C_{14} le poids hydrophobe du complexe d'addition est trop important et le nombre des groupements polaires acquis est insuffisant pour maintenir ce poids en suspension dans l'eau.

Ainsi se trouve démontrée la réalité des complexes d'addition avec l'acide mycolique et la nature des mesures permet la connaissance du produit optimal d'addition à ajouter afin d'obtenir une dispersion maximum dans la phase aqueuse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la variation théorique de l'énergie d'activation d'une réaction chimique en fonction de la température.* Note de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait que l'on détermine l'énergie d'activation expérimentale d'une réaction chimique par l'équation d'Arrhénius :

$$E = RT^2 \frac{d(ln H)}{dT}, \tag{1}$$

où H est la vitesse spécifique de la réaction. Dans un grand nombre de cas on obtient pour E une valeur dépendant de la température; des causes diverses peuvent provoquer ces variations. Nous recherchons ici, en nous basant sur les idées développées surtout par l'école de Princeton [1] qui sont susceptibles de rendre compte, au moins qualitativement, du plus grand nombre de

[1] *Voir* Glasstone, Laidler and Eyring, *The theory of rate process.* New-York, 1941.

phénomènes, quelles sont les variations de E en fonction de T qui découlent de la théorie, indépendamment des phénomènes parasites.

La vitesse spécifique de réaction s'exprime dans la théorie de Eyring et de ses collaborateurs par

$$H = \text{const. } T \frac{F_{\ddagger}}{F_A F_B \ldots} e^{-\frac{E_0}{RT}}, \tag{2}$$

$F_{\ddagger}$ est la fonction totale de partition du complexe activé; F_A, F_B, ... les fonctions de partition des corps constituant l'état initial, E_0 est l'énergie d'activation au zéro absolu.

1. *Réaction d'un atome et d'une molécule diatomique.* — La vitesse de réaction s'écrit, compte tenu de la forme des énergies de partition,

$$H = \text{const.} T^{-\frac{1}{2}} \left(1 - e^{-\frac{h\nu_2}{kT}}\right) \prod^{3} \left(1 - e^{-\frac{h\nu_{\ddagger}}{kT}}\right)^{-1} e^{-\frac{E_0}{RT}},$$

où ν_2 est la fréquence fondamentale de vibration de la molécule initiale et $\nu_{\ddagger}$ les fréquences du complexe activé. L'énergie expérimentale d'activation devient

$$E = E_0 + N \left[\sum^{3} \frac{h\nu_{\ddagger}}{e^{\frac{h\nu_{\ddagger}}{kT}} - 1} - \frac{h\nu_2}{e^{\frac{h\nu_2}{kT}} - 1} - \frac{1}{2} kT \right].$$

On montre facilement que E passe au moins par un minimum. Aux très basses températures, on a sensiblement $E = E_0 - RT/2$; aux hautes températures, $E = E_0 + 3RT/2$.

On a traité numériquement le cas de la réaction $H_2 + Cl$. Les fréquences de vibrations du complexe ont été calculées par Wheeler, Topley et Eyring (²), et la réaction étudiée expérimentalement par Rodebush et Klingelhoeffer (³) entre 0° et 25°C. Dans cet intervalle de température, la variation théorique de E doit être de 0,1 kcal/mole; or, la précision des expériences admise par les auteurs est de ± 1 kcal/mole :

2. *Réaction de deux molécules diatomiques.* — L'équation (2) s'écrit dans ce cas

$$H = \text{const. } T^{-1} \prod^{5} \left(1 - e^{-\frac{h\nu_{\ddagger}}{kT}}\right)^{-1} \prod^{2} \left(1 - e^{-\frac{h\nu_i}{kT}}\right) e^{-\frac{E_0}{RT}}.$$

où ν_i sont les fréquences de vibration des molécules initiales. Il suit

$$E = E_0 + N \left[\sum^{5} \frac{h\nu_{\ddagger}}{e^{\frac{h\nu_{\ddagger}}{kT}} - 1} - \sum^{2} \frac{h\nu_i}{e^{\frac{h\nu_i}{kT}} - 1} - kT \right]$$

(²) *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 178.
(³) *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 130.

comme précédemment E passe au moins par un minimum. Aux basses températures $E = E_0 - RT$. Aux hautes températures : $E = E_0 + 2RT$.

Nous avons examiné quantitativement le cas de la réaction $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$, étudiée expérimentalement par Bodenstein entre 550° et 780 K. Dans ce domaine E passe théoriquement de 39,9 à 40,6 kcal/mole, or la précision des mesures de Bodenstein n'excède pas 1,4 kcal/mole.

En résumé, si l'on admet la représentation des phénomènes de Eyring et de ses collaborateurs, les variations théoriques de l'énergie expérimentale d'activation en fonction de la température sont, dans le cas des réactions faisant intervenir un petit nombre d'atomes, inférieures aux erreurs expérimentales. On se rend compte qu'il peut ne pas en être ainsi dans le cas des réactions de molécules plus compliquées; mais, dans ce cas, les calculs des fréquences de vibration des complexes activés sont extrêmement laborieux.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la surtension de l'hydrogène au cours de l'électrolyse.* Note de M[lle] **Geneviève Sutra**, présentée par M. Paul Pascal.

Les surtensions sont particulièrement importantes pour les cathodes qui dissolvent très mal l'hydrogène; nous répétons que l'hydrogène dissous l'est sous forme de protons. Il nous semble qu'il faut distinguer entre la surtension minima, qui correspond au dégagement lent du gaz (une bulle toutes les 2 minutes) et la surtension à densité de courant variable. Nous nous proposons de montrer que, contrairement à l'opinion répandue, la première correspond à un phénomène sensiblement réversible.

Quand se dégage la première bulle, le métal est saturé d'hydrogène sous la bulle, la solubilité correspond à une pression d'une atmosphère; la concentration $[H^+]_i$ des protons à l'intérieur est proportionnelle; c'est la solubilité s. Les mesures de η sont faites en retranchant du potentiel d'électrode le potentiel réversible, sur Pt platiné, *dans le même électrolyte.*

Supposons alors que les théories des piles réversibles s'appliquent approximativement, le potentiel d'électrode est de la forme $A \log([H^+]/[H^+]_i)$; celui de l'électrode normale est $A \log([H^+]/H^+]_0)$. Dans la différence, $[H^+]$ s'élimine, ce qui explique déjà un résultat expérimental; η est indépendant de $[H^+]$ dans la solution. De plus, η sera alors de la forme

$$\eta = C \log \frac{1}{s}. \tag{1}$$

On a déterminé les solubilités de H_2 dans divers métaux tels que Ni, Co, Fe, Cu sous une atmosphère de H_2 et à des températures de l'ordre de 600° à 1000°K; elles obéissent à des relations de la forme

$$\log_e s = a - \frac{b}{T}. \tag{2}$$

Pour Ni, s (en centimètres cubes mesurés dans les conditions normales pour 100^g de métal) est donnée par $\log_2 s = 3,25 - 1250/T$. *En extrapolant jusqu'à* $300°$ K, on trouve $s = 0,4$; quand T augmente, s augmente, η diminue. (1) et (2) donnent

$$\frac{1}{\eta}\frac{d\eta}{dT} = \frac{b}{T^2 \log_e s}. \tag{3}$$

Pour Ni, avec $\eta = 0,15$ V, on obtient ainsi $d\eta/dT = -0,0022$ V/degré. D'après Bircher et Harkins ([1]), dans SO_4H_2 N/10, on trouverait -2 mV/degré pour un certain nombre de métaux y compris Cu et Hg. Jusqu'ici aucune théorie n'avait expliqué cette variation avec T. De même, quand la pression varie, la concentration intérieure des protons varie comme $\sqrt{p}$; c'est aussi suivant cette loi qu'elle varie pour l'électrode normale, donc aussi la *pression de dissolution* de Nernst. Dans la différence, la pression s'élimine; Bircher et Harkins (*loc. cit.*) trouvent effectivement que η ne dépend pas de la pression.

Quand on augmente le courant, la polarisation intervient; elle s'expliquerait alors par le mécanisme que nous avons invoqué ([2]) : adsorption des ions sur le métal et extraction des électrons du métal à froid par ces ions; la polarisation négative intervient en quelque sorte pour augmenter l'attraction de l'électrode pour les ions. Notre théorie fait intervenir la chaleur d'adsorption des ions H^+; on n'en trouve pas de mesure dans la littérature. On peut arriver à une estimation de W en imaginant que c'est le travail de l'attraction de l'ion par son image électrique dans la surface métallique, soit $e^2/4\varepsilon d$ (ε, constante diélectrique de la solution; d est de l'ordre du rayon d'une molécule d'eau, soit $1,4.10^{-8}$ cm). Pour l'eau pure, $\varepsilon = 80$, la force-image s'annule pratiquement pour une distance assez petite, 10^{-6} cm par exemple; dans ces conditions ε est probablement assez inférieure à 80. Avec $\varepsilon = 40$, on trouve 10^{-13} erg, soit 6000 J/ion-g. Glasstone ([3]) a montré que les alcools éthylique et méthylique ajoutés à l'eau produisent un abaissement net de la surtension par une cathode de plomb. Dans une solution N de SO_4H_2, η passe de 0,61 volt à 0,46 et 0,43 respectivement pour des additions de 70 % de C_2H_6O et 76 % de CH_4O. Dans nos idées, il faut supposer que ε est beaucoup diminuée, elle passe de 80 pour l'eau respectivement à 38 et 45 pour une addition de 75 % des alcools. La force-image est donc multipliée au moins par 2. La chaleur d'adsorption se rapporte toujours aux ions entourés d'eau, elle augmente et η peut être notablement plus petite. La variation de η ci-dessus correspond à $\eta F = 15000$ J environ.

L'expérience montre aussi que la surtension est plus grande sur un métal

---

([1]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **45**, 1923, p. 2897.
([2]) G. SUTRA, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 749.
([3]) *Trans. Faraday Soc.*, **21**, 1925, p. 36.

poli que sur le même métal rugueux; or l'adsorption est plus facile sur ce dernier. Avec Pt poli et Pt platiné la différence des η est 0,1 V, soit un produit ηF de 10000 J. Il existe de même toute une série d'observations relatives à l'addition d'alcool amylique, d'acide butyrique, etc., qui augmentent η sur le platine; il s'agit de substances qui s'adsorbent aux emplacements actifs, donc qui doivent augmenter η.

La chaleur d'adsorption est certainement variable d'un endroit à l'autre sur la surface. Au fur et à mesure du garnissage des sites d'adsorption, W doit diminuer alors que η augmente. A titre d'indice, posons $W = W_0(1-\beta\eta F)$; l'équation qui donne le courant s'écrit

$$i = K[H^+]\, e \frac{W_0(1-\beta\eta F)+\alpha\eta F}{RT};$$

le coefficient b de la relation de Tafel devient

$$h = \frac{2,3RT}{F(\alpha - W_0\alpha)} \cong \frac{0,06}{\alpha - W_0\beta}.$$

Pour retrouver $b = 0,12$, il faut faire $\alpha - W_0\beta = 1/2$, ce qui montre que α est supérieur à 1/2 et variable avec le métal. Cette conclusion est plus satisfaisante que celle qui donnerait $\alpha = 1/2$ pour tous les métaux.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Méthode rapide de résolution de certains systèmes linéaires.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étudions la matrice A_n dont les éléments a_{ik} sont égaux à

$$y \text{ si } i = k, \qquad 1 \text{ si } |i-k| = 1 \qquad (0 \text{ dans tous les autres cas}),$$

I. *Polynomes caractéristiques* $P_n(y)$. — On vérifie aisément (1).

$$P_n(y) = y P_{n-1}(y) - P_{n-2}(y) \qquad [\text{qui permet d'écrire la table des } P_n(y)];$$

et en posant $y = 2x$, $P_n(y) = z_n(x)$

$$z_n(x) = \frac{\sin(n+1)\arccos x}{\sin \arccos x},$$

$$\sqrt{1-x^2}\frac{d}{dx}\left[(1-x^2)^{\frac{3}{2}}\frac{dz_n}{dx}\right] + n(n+2)(1-x^2)z_n = 0.$$

Les z_n de fonction génératrice $F(x, t) = 1/(1-2tx+t^2)$ forment une

(*) Séance du 13 février 1950.

(1) *Voir* C. A. Coulson, *Proc. Roy. Soc.*, A 164, 1938, p. 393.

famille orthogonale liée aux polynômes de Tchebycheff

$$T_n(x) = \frac{(x+\sqrt{x^2-1})^n + (x-\sqrt{x^2-1})^n}{2^n} \quad ([2])$$

par la relation $(1-x^2)z_n^2(x) + 2_n^2 T_{n+1}^2(x) = 1$.

II. *Matrice* A_{n-1} *inverse de* A_n. — L'adjoint $(A_n)^{ik}$ de l'élément a_{ik} vérifie

$$(A_n)^{ik} = (-1)^{i+k}\frac{P_{i-1}P_{n-k}}{P_n},$$

utile dans la détermination de l'intégrale des polarisabilités mutuelles.

L'égalité $(A_n^{-1})_{ik} = (A_n)^{ik}$ définit A_n^{-1} dont elle montre la symétrie.

Du système $\begin{cases} z_1 = x_1 y + x_2, \\ z_2 = x_1 + x_2 y + x_3, \\ z_3 = x_2 + x_3 y, \end{cases}$ on déduit $\begin{cases} P_3 x_1 = P_2 z_1 - P_1 z_2 + z_3, \\ P_3 x_2 = -P_1 z_1 + P_1^2 z_2 - P_1 z_3, \\ P_3 x_3 = z_1 - P_1 z_2 + P_2 z_3. \end{cases}$

III. *Résolution de certains systèmes linéaires*. — Indiquons la méthode dans le cas des systèmes homogènes, la généralisation étant immédiate.

Soit un système S d'inconnues x_k

(1.III) $$\alpha_{i,1}x_1 + \alpha_{i,2}x_2 + \ldots + \alpha_{ik}x_k + \ldots \alpha_{in}x_n = 0,$$

tel que les α_{ik} dépendent linéairement du paramètre y. Nous admettons qu'on puisse extraire de la matrice α_{ik} des matrices du type A_n; soit A_q celle d'entre elles dont l'ordre est le plus grand. Sans diminuer la généralité nous adoptons un choix d'indices tel que $A_q = (\alpha_{ik})$ renferme les α_{ik} pour $i \leq q$, $k \leq q$. On traduit ces hypothèses par les relations

$$\alpha_{ii} = y \text{ pour } i \leq q, \qquad \left.\begin{matrix} \alpha_{ik} = 1 \text{ pour } |k-i| = 1 \\ \alpha_{ik} = 0 \text{ pour tout autre couple } ik \end{matrix}\right\} i \leq q,\ k \leq q.$$

Dans (1.III) les équations d'indices $i \leq q$ s'écrivent

(2.III) $$\sum_{k=1}^{q} \alpha_{ik}x_k = -\sum_{k=q+1}^{n} \alpha_{ik}x_k = z_i.$$

L'inversion (II) de A_q donne les expressions R des x_k d'indice $k \leq q$ en fonction des z_i, c'est-à-dire des $n-q$ autres variables; par substitution dans les $n-q$ équations d'indice $i > q$, on obtient un système S' d'ordre $n-q$, d'inconnues x_k avec $q < k \leq n$. La résolution de S, compte tenu des R, est ainsi ramenée à celle de S'.

La méthode apporte une simplification des calculs d'autant plus appréciable que $n-q$ est petit; pour $n-q=1$ la résolution est immédiate.

([2]) *Œuvres de Tchebycheff*, 1, 1899, p. 301.

IV. *Substitution en bout de chaîne dans le polyène à n carbones.* — La méthode des orbitales moléculaires conduit au système linéaire de matrice α_{ik}.

$$\left\| \begin{matrix} \dots A_{n-1} & & \vdots & \vdots \\ & & d & 0 \\ \dots\dots 0 & d & y+c & b \\ \dots\dots\dots 0 & & b & y+a \end{matrix} \right\| \text{(ici } q = n-1\text{).}$$

II et III donnent les expressions

$$(1.\text{IV}) \qquad \begin{cases} P_{n-1} x_k = (-1)^{n-k} P_{k-1}\, d x_n \\ P_{n-1} x_{n+1} = \dfrac{d^2 P_{n-2} - (y+c) P_{n-1}}{b} x_n. \quad (k = 1, 2, \dots, n-1), \end{cases}$$

et l'équation séculaire qu'on écrit

$$(2.\text{IV}) \qquad S_n = b^2 P_{n-1} + (y+a)[d^2 P_{n-2} - (y+c) P_{n-1}] = 0$$

ou

$$(3.\text{IV}) \quad \cot\left[(n-1)\arc\cos\frac{y}{2}\right] = \frac{-y^3 - (a+c)y^2 + y(b^2 - ac + 2d^2) + 2d^2 a}{[y^2 + (a+c)y + ac - b^2]\sqrt{4-y^2}}.$$

La résolution graphique permet d'étudier les effets d'un groupe de substituants dans un polyène ou ceux d'un substituant dans les polyènes.

Si P_{n-1} et (2.IV) ont un zéro commun (cas non traité dans III) la méthode est en défaut; on résout avec $q = n - 2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Essais d'introduction du groupement thiocyané dans divers composés à noyau pyridinique.* Note de M. **Jacques-J. Panouse**, présentée par M. Marcel Delépine.

La décomposition du diazoïque de l'amino-3 pyridine par le thiocyanate de potassium en présence d'une trace de thiocyanate cuivrique, a permis d'obtenir avec 60 % de rendement la thiocyano-3 pyridine, à côté de petites quantités de 3-pyridyl-dithio-3′ pyridine. Les autres essais d'introduction du groupement — SCN dans les dérivés pyridiniques ont échoué, quelle que soit la méthode utilisée.

On sait depuis longtemps substituer un atome d'hydrogène d'un composé aliphatique, cyclanique, ou benzénique par un groupement thiocyané — SCN. Nous avons essayé d'introduire ce groupement dans divers composés à noyau pyridinique : on connaît dans cette série très peu de dérivés thiocyanés et la structure de certains est des plus discutable.

1° *Thiocyanation directe du noyau pyridinique par le thiocyanogène naissant.* — En série aromatique, cette méthode permet la substitution des amines, des phénols, et de certains carbures à noyaux condensés (exemple : anthracène).

La *pyridine* et la *nicotine* n'ont pas réagi. *L'amino-2 pyridine* n'a pu être thiocyanée, quel que soit le mode opératoire employé. Cependant Kolmer et

ses collaborateurs ([1]) prétendent avoir réussi la substitution : ils ont isolé dans des conditions un peu spéciales, un composé qui aurait pour formule : $C_5H_3N-NH_2-SCN$, F 117°. Nous avons refait ce produit, mais nous croyons pour diverses raisons que c'est le thiocyanate de l'amino-2 pyridine $C_5H_4N-NH_2$, SCNH (en particulier ce composé dissout dans l'eau et précipité par l'acide picrique, donne un picrate fondant d'emblée à 216° et ne produisant pas de dépression avec le picrate d'amino-2 pyridine pure).

De même l'*hydroxy*-2 *pyridine* n'a pu être thiocyanée. Cependant les hydroxyquinoléines-2 et 8 sont facilement substituées par le groupement —SCN, qui se placerait en para par rapport à l'azote ([2]), ([3]). Pour expliquer cette différence de comportement, nous avons essayé de thiocyaner la *quinoléine* elle-même, mais en vain. La présence de deux facteurs favorables à la substitution, bien qu'insuffisants séparément (groupement OH et condensation du noyau), explique la réactivité des hydroxyquinoléines.

Enfin nous avons essayé de thiocyaner l'*amino*-3 *pyridine*. Nous avons échoué, malgré le caractère aromatique des dérivés β de la pyridine.

2° *Action du thiocyanate de potassium sur la bromo*-2 *pyridine en solution alcoolique*. — Contrairement à ce qui se passe en série aliphatique ou cyclanique, la réaction $R-Br+SCNK=R-SCN+BrK$ n'a pas eu lieu et l'on a retrouvé intégralement la 2-bromopyridine à la fin de l'opération (picrate F 102°; analyse : calculé N 14,47; trouvé N 14,30).

3° Kolmer et ses collaborateurs ([1]) ont fait agir le thiocyanogène naissant sur la *bromo*-2 *pyridine* et ont obtenu dans ces conditions le 2-*pyridyl-thio*-2 *pyridine* $(C_5H_4N)_2S$, et non le dérivé thiocyané attendu. Nous avons pu distiller le produit obtenu ($É_{13}$ 192°) et en préparer le monopicrate (F 123°- analyse : calculé C 46,04; H 2,66; N 16,79; trouvé C 46,20; H 2,69; N 16,20). Ni le *bromobenzène*, ni la *bromo*-3 *pyridine* (picrate F 137°; analyse : calculé N 14,47; trouvé N 14,42), ni la *dibromo*-3-5 *pyridine* ne réagissent dans ces conditions.

4° *Décomposition par le thiocyanate cuivrique des aminopyridines* 2 *et* 3, *diazotées*. — Cette méthode, qui permet d'obtenir avec de bons rendements les dérivés thiocyanés aromatiques, ne s'applique pas à l'amino-2 pyridine, même en se plaçant dans les conditions où le diazoïque est stable ([4]). Par contre, l'amino-3 pyridine diazotée, versée dans une solution concentrée de

---

([1]) John A. Kolmer, Herman Brown et George W. Raiziss, *J. Pharm. exp. Ther.*, 61, 1937, p. 253.

([2]) H. P. Kaufmann et E. Weber, *Arch. d. Pharm.*, 267, 1929, p. 192.

([3]) N. N. Melinikov, S. I. Sklyarenko et E. M. Cherkasova, *J. Chim. gén. Russe*, 9, 1939, p. 1819.

([4]) A. Tchitchibabin et M. Rjasanzew, *J. Chim. Phys. Russe*, 47, 1915, p. 1571.

SCNK additionnée de $(SCN)_2Cu$ selon la technique utilisée pour l'aniline ([5]), donne après filtration, neutralisation, et extraction à l'éther, un résidu qu'on distille sous vide. On obtient ainsi un produit cristallisé, incolore, d'odeur alliacée ($É_{12}$ 124° sans décomposition, F 32° après purification). C'est la *thiocyano-3 pyridine* $C_5H_4N—SCN$; analyse : calculé C 52,92; H 2,96; N 20,57; S 23,55; trouvé C 52,67; H 2,74; N 19,83; S 23,49) (picrate F 140°). La présence d'un groupement —SCN, exempt de —NCS, est démontrée par l'action du plombite de sodium ([6]), qui donne le sel de plomb jaune du mercaptan correspondant.

Des queues de distillation, nous avons pu isoler une huile jaune ($É_{13}$ 205°) qui serait la *3-pyridyl-dithio-3'pyridine* $C_5H_4N—S—S—C_5H_4N$, d'après les constantes analytiques de son dipicrate (F 189°; analyse : calculé C 38,94; H 2,08; N 16,51; S 9,45; trouvé C 38,57; H 2,34; N 16,44; S 10,47).

Remarque. — Le thiocyanate cuivrique joue dans cette réaction le rôle d'un catalyseur; il suffit d'en ajouter une trace pour obtenir un bon rendement en dérivé thiocyané (59 %); les bases pyridiniques donnant des complexes avec les sels de cuivre, on simplifie ainsi grandement la technique opératoire. Celle-ci fera l'objet d'un mémoire plus détaillé qui paraîtra dans un autre recueil.

Tous les points de fusion sont corrigés et ont été déterminés sur le bloc Maquenne.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation du diéthyloxamate d'éthyle.* Note de MM. **Roger Barré** et **Léopold Favreau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le N-diéthyloxamate d'éthyle se prépare habituellement d'après le procédé de Wallach ([1]), c'est-à-dire par réaction molécule à molécule de l'oxalate d'éthyle et de la diéthylamine maintenue à l'ébullition pendant une cinquantaine d'heures. Le N-diéthylmalonamate d'éthyle ([2]) ne peut être préparé dans les mêmes conditions, mais cependant la réaction se fait bien sous une pression d'une atmosphère : pression facilement réalisée avec les appareils ordinaires de laboratoire.

Pour diminuer la durée de l'ébullition de la préparation du diéthyloxamate d'éthyle nous avons essayé le mode de préparation qui nous avait réussi avec

---

([5]) L. Gattermann et W. Haussknetcht, *Ber. d. chem. Ges.*, 23, 1890, p. 738.

([6]) Théo. A. Lennartz et Rudolf Middeldorf, *Süddeutsche Apotheker Zeitung*, 89, 1949, p. 593.

([1]) *Lieb. Ann.*, 214, 1882, p. 260.

([2]) R. Barré et L. Matte, *Annales de l'Acfas*, 7, 1941, p. 81; *Chem. Abstracts*, 40, 1946, p. 1453.

le N-diéthylmalonamate; la réaction se fait bien mais nous nous sommes aperçu qu'en employant un excès de diéthylamine, la pression n'est plus nécessaire. Une molécule d'excès de diéthylamine nous donne un rendement de 88 % en diéthyloxamate d'éthyle après une ébullition d'une heure et demie à la pression ordinaire; une heure d'ébullition produit un rendement de 75 %. La deuxième molécule de diéthylamine ne réagit pas avec l'oxalate d'éthyle et peut être récupérée.

Ce nouveau mode d'opération essayé pour la préparation du N-diéthylmalonamate d'éthyle n'a pas donné de bons résultats même après plusieurs heures de reflux; on n'obtient pas plus de 15 % de rendement et la molécule en excès de diéthylamine réagit pour donner un peu de NN'-tétraéthylmalonamide.

Cette préparation plus rapide et plus commode du diéthyloxamate d'éthyle facilite les synthèses des acides alphacétoniques par réaction avec les dérivés organomagnésiens [3].

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le démaclage artificiel du quartz.* Note de M. **Jean-Pierre Pérez**, présentée par M. Aimé Cotton.

On doit à Wooster [1] une méthode de démaclage mécanique du quartz. Amené à entreprendre des expériences de ce genre, j'ai pu en préciser certaines circonstances.

L'expérience réussit même si l'effort de torsion, auquel on soumet la lame pour provoquer le démaclage, n'est pas appliqué en permanence mais seulement pendant un très court instant, quand est atteinte la température minimum où l'opération est possible. Cette température est mal définie, mais inférieure au point de transformation $\alpha\beta$ d'une centaine à une soixantaine de degrés.

On sait que le point de transformation, au-dessous duquel une lame maclée (au sens des macles électriques), soustraite à toute action mécanique, conserve sa configuration, peut être observé sur l'évolution avec la température de diverses propriétés physiques, aussi bien dans le sens des températures croissantes que dans le sens inverse. Alors que certaines des propriétés physiques accusent en ce point un changement brusque, permettant de le définir au degré près (573° C), d'autres indiquent que la modification cristallographique est, dans le sens des températures croissantes, précédée d'une préparation qui peut s'interpréter à la fois comme un relâchement de la cohésion et un déplacement relatif des atomes, les rapprochant des positions de plus haute symétrie

(3) R. Barré, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 825; *Annales de Chimie*, (**10**), **9**, 1928, p. 204.

(1) W. A. Wooster et N. Wooster, *Nature*, **157**, 1946, p. 405.

qu'ils doivent occuper dans l'état β. Dans les expériences de démaclage ici envisagées, l'état β n'est jamais atteint.

Le dispositif adopté est le suivant : la lame introduite dans un système de deux mâchoires laissant un degré de liberté, suivant l'angle de rotation autour du futur axe de torsion. La torsion de valeur voulue est commandée de l'extérieur du four par un dynamomètre à fil de torsion ou à poids, à l'instant voulu; elle peut être supprimée, si on le désire, aussitôt après.

De plus, il a été prévu de suivre pas à pas le traitement subi par l'échantillon au moyen de l'évolution de ses fréquences de résonance piézoélectrique. A cet effet deux électrodes encadrent la lame au plus près, sans toutefois la toucher, c'est-à-dire sans gêner sa torsion. On constate que, dans ce montage, la lame bien que saisie en ses deux extrémités par les mâchoires du dispositif, répond encore aux fréquences de résonance des vibrations en épaisseur.

Supposons la lame choisie au départ selon une coupe justiciable du traitement, et présentant une répartition des macles électriques telle que soient présentes les fréquences de celle des deux orientations qui doit disparaître. Par exemple : une lame selon la coupe BT ([2]), mais en majorité BT *inverse* (dimensions en millimètres : $30 \times 6 \times 0{,}9$; l'axe électrique suivant la largeur, c'est-à-dire perpendiculaire à la direction de l'axe de torsion). J'observe une des fréquences de résonance de BT *inverse* (2,0 Mc), j'assiste à son évolution avec la température, je repère la valeur atteinte aussitôt avant d'exercer la torsion (1,98 Mc à 480°), j'applique la torsion (300 g/cm). Cette fréquence se maintient pendant quelques secondes, disparaît brusquement, et aussitôt apparaît la fréquence de BT *direct* (1,96 Mc). Je supprime la torsion, et reviens à la température ordinaire en assistant à l'évolution de la fréquence de BT *direct* (à 20° 1,95 Mc).

L'observation est particulièrement aisée si les fréquences en question sont choisies très voisines, comme ci-dessus; mais toute fréquence caractéristique convient pour ce contrôle.

Des deux jumeaux de la macle, celui qui disparaît (par une mutation en l'autre) a subi une modification de structure à l'échelle de la maille. Doit-on se représenter cette transformation comme réalisée simultanément, ou successivement mais au hasard en les différents points de la lame, ou, ce qui est plus vraisemblable, sous forme de contagion progressive à partir d'un germe individuel, ou à partir de l'ensemble de la surface frontière de la macle jouant le rôle de germe ? C'est ce qui n'est pas encore établi. Mais je vois une raison en faveur de la dernière idée dans le fait qu'il n'a pas été possible d'obtenir d'inversion, si la lame, bien que choisie selon uue coupe susceptible de cette

---

([2]) Le mode des coupes est ici désigné selon la convention habituelle des piézo-électriciens (CADY, *Piezoelectricity*. New York, 1946, p. 459).

inversion (coupe AT, par exemple) ne présente pas déjà au départ une macle (plage AT *inverse*, dans cet exemple).

Toujours est-il que, si l'on exprime la variation finie de l'aire démaclée, elle est très grande à l'échelle de l'expérience (cm^2/sec).

Cela est à rapprocher des autres phénomènes où la cohésion se manifeste par une vitesse de propagation : élasticité (vitesse linéaire 10^5 cm/sec), maclage mécanique quasi instantané [expérience classique sur la calcite, figures de fissure [3] et figures de choc [4] sur le quartz].

GÉOLOGIE. — *Le pseudo-carbonifère des Munes (Haute-Savoie). Présence du « Grès à Roseaux » (Keuper-moyen) dans le Chablais.* Note (*) de M. **Jean Ricour**, présentée par M. Maurice Lugeon.

En 1896, M. Lugeon [1] a rapproché du Trias des bancs gréseux à traces végétales, visibles au pied de la pointe d'Uble, en amont des chalets des Munes, à droite en montant au col de Foron. Il a signalé les mêmes formations dans le massif de la Haute-Pointe au col de Chavanette (col de la Tournette des Bergers).

En 1939, M. Schrœder [2] a classé ces grès dans le Carbonifère par simple analogie de faciès. Il fut suivi en 1941 par M. Lombard [3] qui crut apporter un argument en faveur de cette attribution grâce à la découverte, dans un gisement voisin de celui des Munes, d'une empreinte que le Professeur Chodat a rapprochée des *Cordaïtes*.

Suivant les conseils de E. Gagnebin j'ai étudié ces gisements l'été dernier et, au cours d'une excursion en compagnie de M. Feugueur, nous avons découvert diverses empreintes qui nous permettent de classer dans le Trias l'ensemble de ces grès à plantes.

Dans le gisement des Munes et probablement à l'emplacement des recherches de houille citées par M. Lugeon [1], nous avons trouvé des fragments de frondes mal conservés mais se rattachant presque certainement au genre *Pterophyllum*. M. le Professeur Corsin a confirmé cette interprétation. Au-dessus des niveaux qui contiennent ces fossiles, des bancs plus grossiers nous ont fourni des empreintes de tiges d'*Equisetum arenaceum* Jaeg.

A l'endroit où cette bande de grès coupe le chemin des Munes au Folliet, des

---

(3) Mügge, *Neues Jahrbuch.* (1907) Festband p. 181.

(4) Schubnikow et Zinserling, *Z. f. Krist.*, 83, 1932, p. 243.

(*) Séance du 13 février 1950.

(1) *Bull. Serv. Carte géol. France*, 7, n° 49, 1896, p. 52.

(2) *Arc. Sc. Phys. et Nat. Genève*, (5), 21, 1939, p. 49.

(3) *Eclo. Geol. Helv.*, 33, n° 1, 1940, p. 58.

pélites qui accompagnent ces grès nous ont fourni des empreintes bien conservées : *Equisetum arenaceum* Jaeg, *E. mytharum* Heer.

Ultérieurement le gisement du col de la Tournette m'a fourni des fragments de fructification et de tiges d'*Equisetum*.

Les associations végétales décrites ci-dessus et surtout la présence d'*E. mytharum*, qui jusqu'ici semble être un excellent fossile de zone, me permettent de classer les *Grès des Munes* dans le Keuper moyen et d'en faire un équivalent du *Grès à Roseaux* (Schilfsandstein) des provinces germaniques du Trias. Les divers aspects que prennent les *Grès des Munes* sont nettement différents de ceux des grès carbonifères de Taninges, mais sont par contre identiques aux faciès du *Grès à Roseaux* de Lorraine ou des Alpes-Maritimes. Seule la présence de charbon (jusqu'à 20^{cm} en affleurement) peut prêter à confusion car les deux formations en contiennent.

Les *Grès des Munes* forment donc un niveau interstratifié proche de la partie supérieure du Trias. Il en est probablement de même pour les différents gisements classés dans le Carbonifère par M. Lombard. L'empreinte citée par cet auteur comme *Cordaïtes* a très bien pu être confondue avec une pinnule isolée de *Pterophyllum*.

M. Lombard a classé (*loc. cit.*, p. 59) les différents gisements de ces grès tantôt dans la Nappe de la Brèche, tantôt dans les Préalpes médianes. Ce point de vue semble indéfendable si ces formations sont triasiques car un tel faciès n'a jamais été signalé en France dans le Trias des Préalpes médianes. L'hypothèse d'un passage latéral semble aussi devoir être exclue car, au col de Chavan par exemple, le faciès normal du Trias supérieur (dolomies et argiles schisteuses vertes) voisine avec les faciès gréseux. Dans la Nappe de la Brèche, par contre, Renz a signalé ([4]), en Suisse, des grès à *Equisetum*. Il me semble, dans le cas présent, difficile d'attribuer les différents gisements de la région des Munes à la Nappe de la Brèche car il faudrait alors admettre que cette nappe (grès du col de Chavan) est partiellement recouverte par les Préalpes médianes (pointe de Vésine).

Je suis ainsi porté à classer les *Grès des Munes* dans une unité tectonique autre que celles qui ont été citées ci-dessus. M. Lugeon a récemment admis qu'à Matringe ([5]) et au col de la Ramaz ([6]) apparaissent, sous la Nappe de la Brèche, des lambeaux des préalpes internes qui forment des fenêtres à structure complexe. C'est probablement dans ces unités que nous devons classer la formation gréseuse des Munes.

([4]) *Eclo. Geol. Helv.*, 29, n° 1, 1936, p. 258-259.

([5]) M. Lugeon, *B. S. G. F.*, 5e série, 16, 1946, p. 488.

([6]) M. Lugeon et E. Gagnebin, *Bull. Lab. Géol. Min. Géoph. et Mus. géol. Univ.*, Lausanne, n° 72, 1941, p. 39.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle des mouvements post-pliocènes et des changements de climat dans la formation du réseau hydrographique de la région de Constantine.* Note (*) de M. **Jean Dresch**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Le réseau de l'oued el Kébir-Rummel ne s'explique pas par des captures. Les faits semblent montrer qu'il s'agit d'un réseau établi sur une surface d'érosion miocène, ou pré-pliocène, surimposé dans les chaînes telliennes, antécédent par rapport à des mouvements post-pliocènes et désorganisé dans les hautes plaines par assèchement du climat.

Le réseau fluvial de la région de Constantine est depuis E.-F. Gautier (suivi par Joleaud) considéré comme exemple d'une hydrographie dont le tracé n'a pu s'établir que par captures, le creusement de gorges dans les montagnes du Tell ayant remonté jusqu'à la zone des Hautes Plaines, des coudes et des ruptures de profil en long en seraient la preuve. L'étude du réseau de l'oued el Kébir — Rummel — permet de prouver que l'hypothèse de la capture est contraire aux faits, qui répondent beaucoup mieux à celle de la surimposition du cours inférieur.

L'oued el Kébir, dans le Tell, coule dans une large vallée, dont l'embouchure correspond à un golfe sahélien et flandrien, prolongé dans l'intérieur par un synclinal perché de Numidien de direction méridienne. Dans la région d'el Milia, l'oued utilise un autre synclinal dont le flanc oriental est faillé, et s'encaisse dans des gorges creusées dans les calcaires liasiques du massif du Moul ed Demamene. Le tracé général est toujours déterminé par des affleurements de Permo-Trias ou des fractures qui expliquent la dissymétrie des versants.

La vallée de l'oued el Kébir est donc d'origine structurale. Mais il est évident qu'elle est surimposée dans le massif ancien en aval, entre les deux synclinaux éocènes, ou, en amont, dans les plis longitudinaux des sierras calcaires; surimposition généralisée à partir d'une surface d'érosion dont les traces apparaissent nettement dans les massifs aux crêtes nivelées, mais aussi surimpositions locales dont les exemples sont nombreux, à partir d'un niveau de 200^m, bien visible dans les granites anciens ou post-éocènes.

Enfin, tout au long de la vallée, se suivent des terrasses d'érosion, soulignées dans les marnes éocènes ou crétacées par une couverture de cailloux roulés jusqu'à 80^m au-dessus de la plaine alluviale. Bien que celle-ci et les basses terrasses disparaissent vers l'amont entre les gorges creusées dans les calcaires du Mcid Aïcha et le bassin de Siliana, le tracé apparaît donc établi depuis le Tertiaire sans qu'on puisse préciser, faute de couverture post-éocène.

Dans la région de Siliana-Constantine, les vallées du Rummel et de l'oued Smendou sont largement évasées dans les formations tendres du Miocène

(*) Séance du 20 février 1950.

continental. En amont du confluent de l'oued Smendou, l'oued Rummel s'encaisse dans les calcaires crétacés du Kheneg qui affleurent sous des grès et des poudingues miocènes. Alentour, les argiles noires à gypse, miocènes, sont déblayées. C'est un cas classique d'épigénie : surimposition à travers le Miocène peu résistant qui fossilise une surface pré-miocène-continental; toutefois Miocène et massif calcaire sont recoupés par une surface postérieure, il y a donc aussi antécédence probable : le Miocène est ployé en synclinal audessus de la gorge et faillé. Les terrasses de gros cailloux roulés se retrouvent, régulières, en amont et en aval.

Le rocher de Constantine pose les mêmes problèmes. Avec celui de Sidi Mcid, il jalonne un axe anticlinal auquel se rattachent les djebels Grouz, Chettaba, Ouasch. Dans les ensellements sont conservées les argiles miocènes, notamment à l'Ouest de la ville où elles sont largement évidées par un ravin affluent en aval du rocher. S'il y avait eu capture, elle se serait faite ici et non à travers les calcaires du rocher, et elle menace actuellement, car le ravin tend à recouper le coude de Rummel. Au reste, la capture, par soutirage karstique à travers le rocher, n'aurait été possible que si celui-ci constituait un relief. Or, il n'en était rien ni au Miocène, ni au Pliocène. Le Miocène, sur le flanc Nord du Mcid, se compose de conglomérats à gros éléments bien roulés. Il est coupé par des failles bien visibles. Au sommet et sur le flanc méridional (Mansourah), affleurent des conglomérats à très gros éléments roulés, surmontés de calcaires travertineux, considérés comme pliocènes. Ils sont déformés et coupés par des failles. Il semble donc que le rocher soit un relief postpliocène. Comme au Kheneg, le Rummel est antécédent par rapport à ces accidents et surimposé à travers la couverture pliocène et miocène.

En amont, l'oued Rummel emprunte une ondulation synclinale pliocène dont il ne suit pas toujours l'axe, d'où des surimpositions locales (oued Athmenia). Le Bou Merzoug élargit sa vallée dans la cuvette pliocène du Kroub où se rassemblent ses branches supérieures qui suivent dans l'ensemble des ondulations synclinales pliocènes. En amont d'El Guerrah, le réseau organisé fait place au régime des sbakh et chotts. Mais, malgré les ondulations du Miocène et du Pliocène, toujours sensibles dans la cuvette de la sebkret ez Zemoul, la pente continue de se relever insensiblement vers l'amont, jusqu'à El Merdja et l'amont de Batna. Ce réseau a pu se maintenir tant bien que mal grâce aux pluies et aux neiges que reçoit le Bellezma. Dans la vallée de Batna s'observent, aux flancs des montagnes, deux séries de cônes de limons et de cailloutis encroûtés qui témoignent de deux phases humides. Actuellement, sur les massifs calcaires à flancs raides, dont la base est protégée par les cônes morts, l'érosion est à peu près nulle et l'alimentation est insuffisante pour que, dans les cuvettes remblayées de sédiments tendres et assez perméables où les eaux s'infiltrent, l'écoulement superficiel puisse, de cuvette en cuvette, atteindre le Bou Merzoug.

En présence de ces faits on doit se résoudre à adopter des conclusions exactement inverses de celles qui sont communément admises. Un réseau organisé, constitué au Pontien ou au Pliocène, dans un pays plat, s'est maintenu du Bellezma et de l'Aurès à la Méditerranée à travers le massif ancien, les monts de Numisdie et de Constantine, par antécédence et surimposition. Il a été désorganisé dans les hautes plaines au cours du Quaternaire, par l'effet combiné des ondulations du Pliocène et de l'assèchement du climat.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Considérations statistiques sur la croissance des cultures de tissus végétaux.* Note (*) de MM. **Pierre Delaporte** et **René Heller**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Ces considérations concernent la croissance des tissus végétaux sains, cultivés *in vitro* par la technique de Gautheret, qui n'ont encore jamais fait l'objet d'un examen statistique :

1° Pour le critère de croissance, on peut *a priori* hésiter entre le poids final P sans tenir compte du poids initial p, l'accroissement absolu de poids $P-p=\delta$ et l'accroissement relatif $(P-p)/p=\alpha-1$. Nous avons donc d'abord examiné si les observations de p, P, δ et α pouvaient être considérées comme distribuées suivant une loi de Laplace-Gauss, en comparant distributions empiriques et théoriques par le test χ^2 de K. Pearson. 116 explantats, provenant de 12 cultures de tissus de Carotte, ont été pesés et ensemencés sur un milieu nutritif convenable, puis repesés 2 mois plus tard. Le test fut appliqué : *a.* aux valeurs observées ; *b.* aux écarts réduits (différences entre les valeurs observées et la moyenne pour les explantats issus de la même culture, divisées par l'écart-type correspondant) pour éliminer l'influence possible de la diversité d'origine. Dans les deux cas, la loi de Laplace-Gauss s'est révélée acceptable.

2° Le meilleur critère de croissance à utiliser étant celui qui est le plus indépendant de p, nous avons calculé dans les distributions précédentes les coefficients de corrélation : $r_{pP}=+0{,}299$, $r_{p\delta}=+0{,}252$ et $r_{p\alpha}=-0{,}449$ (avec 116 observations). Les coefficients de corrélation moyens pour les explantats de même origine (moyenne pondérée obtenue par la transformation $z=\operatorname{argth} r$) sont $r'_{pP}=+0{,}255$, $r'_{p\delta}=+0{,}202$, $r'_{p\alpha}=-0{,}648$ pour un nombre fictif d'observations de 83. Dans les deux cas, δ apparaît donc le meilleur critère et α le plus mauvais.

3° Nous avons à titre d'exemple analysé les données d'une expérience particulière [influence de la concentration en ions potassium sur la croissance des tissus de Vigne-vierge ([1])], soit :

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) R. Heller, *C. R., Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 949.

Séries.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
K, concent. de potassium (en milli-éq-g par litre)...	0,9	1,8	3,6	6,3	9,0	10,8	18,0	36,0
Nombre de cultures......	9	8	9	9	9	7	8	8
Δ, moyenne de δ (en cg)...	187	198	215	241	258	245	250	203
σ, écart-type de δ........	13,5	22,6	33,3	35,3	38,9	40,3	52,7	42,7

Δ présente-t-il statistiquement un maximum pour une valeur optimum de K? Malgré la coutume, nous n'avons pas voulu comparer la moyenne la plus forte aux autres moyennes en testant par la distribution de Student, car il s'agit alors de la distribution de la différence entre le *maximum* et une autre valeur. Nous avons donc procédé comme il suit : *a.* K et Δ sont-ils indépendants? Le carré moyen de contingence indique que cette hypothèse n'est pas statistiquement acceptable ($p < 0{,}005$); *b.* la ligne des moyennes de Δ liées par K est-elle assimilable à une droite? Le test de Blackmann-Fisher

$$z = \log_e \frac{(\eta^2 - r^2)(n-k)}{(1-\eta^2)(k-2)},$$

où η est le rapport de corrélation, r le coefficient de corrélation, n le nombre des observations, k celui des séries, nous montre encore l'hypothèse inacceptable; *c.* nous avons testé la différence des moyennes de *tous* les couples de séries de culture par le t de Student-Fisher et avons constaté que les probabilités de similitude des moyennes décroissent régulièrement au fur et à mesure qu'on s'éloigne des concentrations V à VII. Il existe donc un optimum de concentration (croissance maximum) dans cette région.

4° Des estimations statistiques faites sur un grand nombre d'expériences montrent que le coefficient de variation σ/Δ est généralement de l'ordre de 20 %. Le tableau ci-dessous donne le nombre de cultures qu'il y a lieu de prévoir pour qu'une différence de moyennes, exprimée en pour cent de leur moyenne, entre deux séries expérimentales quelconques soit statistiquement significative [test t de Student-Fisher, quasi-certitudes de 95 % et 99 %, σ/Δ de 10 % (croissance très régulière), 20 % (cas général) et 30 % (croissance irrégulière)].

Différence de moyennes	Quasi-certitude, 95 %.			Quasi-certitude, 99 %.		
(%). σ/Δ....	10 %.	20 %.	30 %.	10 %.	20 %.	30 %.
5...........	32	128	288	54	216	486
10...........	9	32	72	16	54	122
15...........	5	15	32	8	25	54
20...........	4	9	18	6	16	32
25...........	3	7	13	5	11	21
30...........	»	5	9	4	8	16
40...........	»	4	6	3	6	10

La différence significative minimum augmente rapidement quand on a moins

de dix cultures, mais au delà, l'accroissement de la précision est faible par rapport au supplément d'effort expérimental exigé.

En résumé, cette étude montre que les divers critères de croissance sont gaussiens, que l'accroissement absolu de poids est le meilleur de ces critères, qu'il est parfaitement possible de tirer des conclusions statistiquement valables (telle que la détermination d'un optimum de concentration) d'expériences portant sur un petit nombre d'échantillons; un tableau donne le nombre de cultures à prévoir pour obtenir une différence de moyennes statistiquement significative. Ce nombre sera en pratique avantageusement choisi voisin de dix, compte tenu de l'effort expérimental demandé.

BOTANIQUE. — *De l'existence d'un tube micropylaire tégumentaire chez une Juglandale et de l'origine des Angiospermes.* Note de M. **Jean-F. Leroy**, présentée par M. Roger Heim.

Mes études sur la phylogénie des Monochlamydées m'ont amené, dans une récente Note [1], à préciser le statut des Myricacées, et singulièrement celui du très curieux genre *Canacomyrica* Guillaumin. Je me propose aujourd'hui de traiter d'un caractère tout à fait original du tégument de cette plante, en liaison avec les enseignements que cela implique concernant l'origine des Angiospermes. La graine mûre de la plante en cause se présente comme une masse ovoïde d'environ $2^{mm},5$ de haut sur environ 2^{mm} de large dans le plus grand diamètre, environ $1^{mm},2$ dans le plus petit diamètre. Elle provient du développement d'un ovule érigé, sessile ou subsessile, orthotrope, à micropyle supère. De l'apex pend, dans le plan intercotylédonaire, un curieux appendice tégumentaire d'une longueur d'environ $1^{mm},3$, ce qui est relativement très grand. Chez les graines immatures cet appendice descend presque jusqu'à la base, et l'on a pu penser qu'il s'agissait d'un long funicule, la graine étant alors pendante, à micropyle infère. Il n'en est rien, et cet organe qui par ailleurs ne rappelle que de très loin caroncule ou arillode, dont il a la situation topographique, n'est autre que le prolongement du tégument sous forme de tube, particulièrement net dans les cas de virescence où le macrosporange ne se développe pas normalement. Au stade final de la croissance de la graine, le tube se trouve comprimé contre la paroi ovarienne interne et prend l'aspect d'une lame papyracée, desséchée, fragile.

C'est là une formation totalement inconnue, à ce jour, chez les Angiospermes, et qui ne se retrouve, *mutatis mutandis*, que chez les Gymnospermes et les Gnétales. Les travaux de Lignier et Tison (1911-1912) et, plus récemment, de Hagerup (1934) ont montré les affinités des Gnétales et de certaines Angiospermes, en particulier de *Gale palustris* (chez cette dernière le tube pollinique

---

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1162. Il faut lire dans cette Note, p. 1163 : (périanthe 5-6-lobé?).

parvient au nucelle par un espace libre, maintenu entre les *pseudocarpelles*, comme chez les Gymnospermes) et de *Pterocarya fraxinifolia*. La découverte d'un tube micropylaire du tégument chez une Myricacée paraît constituer, à ce point des recherches, un argument décisif en faveur des vues de Hagerup, et établit le pont qui relie la macrosporophylle de *Gnetum* à celle (au sens de Hagerup) des Angiospermes. A la différence des Gnétales chez *Canacomyrica* le tube est, à l'état adulte, incurvé à l'intérieur des *pseudocarpelles*, persiste et se développe, après la fécondation, sous la forme décrite précédemment.

Ces différences sont certes très importantes et l'on est conduit, pour en rendre compte selon toute probabilité, à admettre l'existence d'une croissance différentielle de l'ovaire et de l'ovule. Or ce décalage dans le développement existe bien chez les Juglandacées et chez *Canacomyrica*, je suis en mesure de l'assurer. A un stade ontogénique précoce, vers l'époque de la pollinisation, ou plus tard, à la fécondation (sans qu'il soit possible, faute d'observation à ce moment, de préciser davantage) le tube doit être droit et enclos dans le style (qui peut être ouvert? et nous aurions alors le type *Juniperus*), au moins dans la partie basale de celui-ci (qu'il soit ouvert ou fermé). Au cours du développement se produit d'abord l'accroissement en taille de l'ovaire (jusqu'au moment où la coque commence à durcir et atteint sa grandeur maximale). L'ovule (avec son tube droit) se trouve entièrement dégagé, maitenu seulement par son attache placentaire basale. Par la suite se situe le développement de la graine : mais les carpelles fermés, la turgescence perdue du tube créent les conditions amenant celui-ci à se courber et à se loger entre la graine et la paroi ovarienne où il sera comprimé à la pleine maturité. Il semble qu'il n'y ait guère qu'une question de croissance (c'est-à-dire de physiologie) différentielle qui sépare au départ la gymnospermie de l'angiospermie, notamment chez les Juglandales, et il n'est pas absolument sûr même que le pas soit fait chez *Canacomyrica*.

En bref, la seule solution de continuité essentielle qui, selon Hagerup, subsistait entre Angiosperme, de type *Piper* par exemple, et Gnétale (soit essentiellement la présence ou l'absence de prolongement tégumentaire) se trouve maintenant à son tour partiellement supprimée. Reste à obtenir toute une série de renseignements qui seraient du plus haut intérêt concernant le développement ontogénique de la fleur, les processus de pollinisation et de fécondation.

Je précise que chez *Canacomyrica* les fleurs sont morphologiquement ⚥ mais fonctionnellement unisexuées. Et cela est aussi chez les Welwitschiacées. Je crois qu'il y a maintenant un faisceau de preuves suffisant pour que l'on puisse tenir pour acquises les affinités des Gymnospermes, des Gnétales [2]

[2] La double fécondation a été signalée récemment chez *Ephedra*.

et des Juglandales (Myricacées et Juglandacées) et leur communauté ancestrale. Dès lors les recherches concernant l'origine des Angiospermes (au moins de certains groupes) paraissent devoir se circonscrire étroitement.

MYCOLOGIE. — *Sur la formation du périthèce et d'un appareil conidien chez* Tuber melanosporum *en culture pure*. Note de M. **Jean Chaze**, présentée par M. Joseph Magrou.

L'auteur fait connaître les modes de formation, en culture pure, des périthèces et d'un appareil conidien chez la Truffe. Ces résultats apportent une contribution nouvelle au problème tant débattu de la sexualité des Ascomycètes.

La sexualité de diverses espèces de Tubérales a été étudiée à l'intérieur du périthèce (P.-A. Dangeard, Greis) et à partir des filaments issus de la germination des ascospores (Boulanger, qui a par la suite infirmé ses propres résultats).

Les cultures pures de *Tuber melanosporum* sur milieux organiques gélosés (Carotte, Malt, etc.) de 1 à 40 °/₀₀, nous ont permis de mettre en évidence, pour la première fois, les divers stades de la formation des périthèces et des spores de type conidien.

Sur les milieux précités, le mycélium se développe, à partir de la souche, sous forme d'auréoles plus ou moins denses, constituées par des filaments rayonnants, dont certains s'enchevêtrent, donnant des cordons noirâtres, au voisinage desquels apparaissent le plus souvent les périthèces, suivant des processus assez analogues à ceux qui ont été décrits pour d'autres Ascomycètes : au bout de 5 à 10 jours (suivant la concentration du milieu), l'extrémité de certains filaments, à contenu cellulaire dense, se courbe en crosse largement ouverte qui se replie graduellement sur elle-même, pour donner un peloton mycélien de 20 à 60$^{\mu}$ de diamètre. En même temps, ce filament, que l'on peut considérer comme l'anthéridie, prolifère en de nombreux points ; une de ces ramifications, composée d'un seul article, et portant à son apex, au moins au début de sa formation, un prolongement en forme de triangle arrondi, sorte de vestige du trichogyne, devient plus volumineuse, très turgescente, amincit sa membrane, et vient se placer au centre des filaments (*fig.* 1 et 2). Cette vésicule, qui n'est autre que l'oogone, ne tarde pas à être masquée par les hyphes recouvrantes qui se développent abondamment (*fig.* 3).

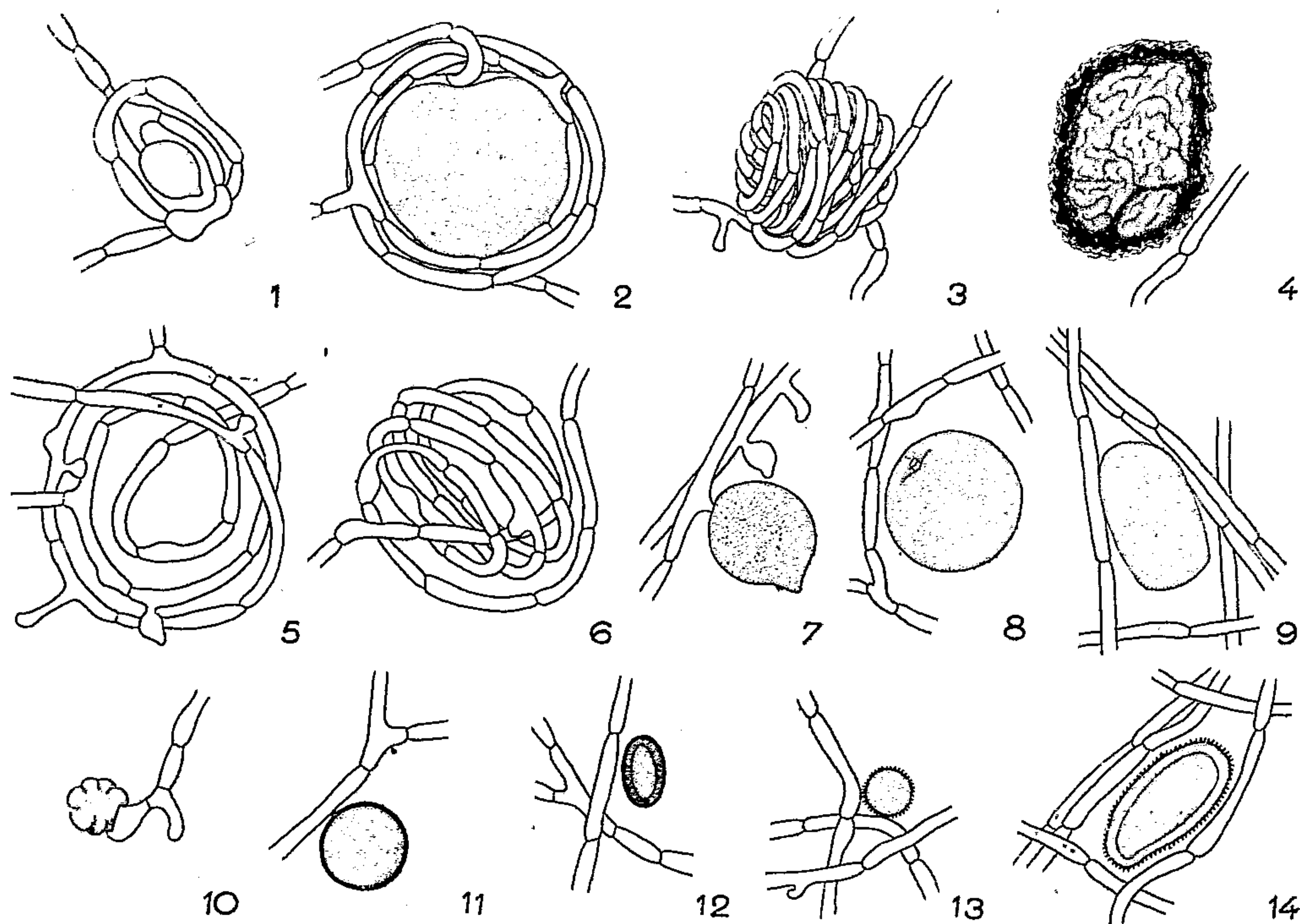
A l'intérieur de cette masse sphérique le périthèce s'organise ; la dégénérescence du filament anthéridien le met à nu ; il se présente alors sous la forme d'un corps ovoïde, où l'on peut distinguer le cortex avec les verrues externes, les veines et les veinules caractéristiques des Tubérales. Les filaments amphigènes n'apparaissent pas sur les tubercules ainsi formés (*fig.* 4).

Nos diverses observations ne nous ont pas permis de mettre en évidence une communication entre les filaments recouvrants et la vésicule centrale.

Tous les filaments ne subissent pas l'évolution complète que nous venons de

décrire; les aspects qu'ils présentent alors sont pleins d'intérêt et n'ont jamais été signalés, du moins chez les Tubérales. En voici les principaux :

Le filament se pelotonne en spires plus lâches; quelques ramifications apparaissent, mais aucune ne se transforme en vésicule volumineuse (*fig.* 5 et 6). Ce peloton, souvent de grande taille et sans consistance, s'aplatit très facilement, et ne poursuit pas plus loin sa différenciation.



Dans d'autres cas, sur les hyphes rectilignes se font jour des articles renflés, faiblement pédicellés, présentant ou non le vestige du trichogyne (*fig.* 7). Un tel organe demeure nu, et son devenir est variable : parfois il se détache du filament d'origine (*fig.* 8), s'accroît considérablement, peut devenir ovoïde (*fig.* 9) et très généralement éclate. D'autres fois, la vésicule demeure petite, se différencie en donnant des spores sphériques, ovoïdes ou à contours irréguliers, à membrane lisse ou plus ou moins échinulée (*fig.* 10 à 14), et dont certaines sont en tous points analogues aux ascospores typiques caractéristiques de l'espèce. Nous considérons ces organes comme des formes conidiennes plus ou moins évoluées du mycélium végétatif.

La production des périthèces et celle des formes conidiales a lieu d'une façon très irrégulière. En effet, si les premiers stades de cette formation se rencontrent dans la majorité des cultures, l'évolution complète est tout à fait exceptionnelle (depuis 10 ans, six cultures seulement ont présenté des périthèces), et revêt un caractère instable qui ne se maintient pas au repiquage

effectué dans des conditions analogues. On est ici en présence de mutations dont la cause nous échappe, et qui se manifestent également par les aspects macroscopiques extrêmement variés que présentent nos cultures depuis 10 ans.

MYCOLOGIE. — *Note préliminaire sur les formations oïdiennes du mycélium monosperme des Homobasidiés*. Note de M. **Yen Hsun Chu**, présentée par M. Joseph Magrou.

Grâce à l'hospitalité qui nous a été offerte à la *Jaysinia*, station de recherches du Muséum National d'Histoire Naturelle (Samoens, Haute-Savoie), par M. le Professeur Humbert, nous avons pu tirer parti de la flore mycologique de la vallée du Giffre, en septembre 1949. Plus tard, nous avons encore fait de nombreuses récoltes aux environs de Lyon. Les sporées de plus de 300 espèces déterminées par M. le Professeur Kühner ont été ainsi recueillies. 170 d'entre elles germant en semis denses ont donné des cultures polyspermes. Une centaine seulement ont germé en semis clairs nécessaires à l'obtention de cultures monospermes.

Suivant la technique couramment employée dans le laboratoire à la suite de M. Kühner, nous avons repiqué les haplontes sur trois milieux différents : le milieu de *Hagem* gélosé, la Carotte et les tiges de mousses plongeant par la base dans du *Hagem* liquide. La nature du support a certainement une influence sur la production des oïdies : chez *Coriolus unicolor*, *Hebeloma sinapizans* et *Galera sideroides*, des oïdies n'ont été trouvées que sur mousse et nous n'avons observé celles de *Collybia atrata* que sur Carotte. Mais il ne faut pas perdre de vue que la production des oïdies peut être un caractère individuel de certains haplontes et manquer sur d'autres de la même espèce (1). Nous n'avons pas trouvé d'oïdies dans les cultures monospermes en tube de *Coprinus plicatilis*, alors que nous avons découvert dans un semis sur lame deux germinations produisant d'abondantes oïdies parmi une trentaine au moins n'en montrant aucune trace. N'ayant étudié que deux ou trois haplontes de chaque espèce, nous ne saurions affirmer que telle espèce ne produit jamais d'oïdies. Sous cette réserve, voici les résultats de nos recherches.

Parmi les seize espèces de Porés examinées, nous n'avons trouvé d'oïdies que chez six espèces : *Spongipellis borealis* Wahl., *Coriolus hirsutus* Wulf., *unicolor* Bull., *Lenzites flaccida* Bull., *sepiaria* Wulf. et *Ungulina marginata* Fr. Les oïdies des Porés sont produites par désarticulation, après simple cloisonnement d'hyphes plus ou moins spécialisées, telles que les arborescences observées chez les *Lenzites*. Souvent la division est très poussée de manière à donner des oïdies très courtes, parfois moins longues que larges, comme nous en avons vu chez les deux *Coriolus* et les deux *Lenzites*.

(1) R. Kühner et M. Josserand, *Bull. Soc. Myc. France*, 60, 1944, p. 19.

Nous n'avons pas trouvé d'oïdies chez *Melanopus Forquignoni* Quél., *varius* Fr., *Leptoporus albidus* Schæff., *lacteus* Fr., *Dædalea quercina* L., *Heteroporus biennis* Bull., *Trametes Trojii* Bk., *Poria reticulata* Fr., *Phæolus Schweinitzii* Fr. et *Xanthochrous radiatus* Sow.

Parmi les quarante-neuf Agarics Leucosporés étudiés, six seulement nous ont montré des oïdies sur les mycéliums monospermes : *Clitocybe nebularis* Batsch., *viridis* Scop., *Collybia tuberosa* Bull., *Tephrophana atrata* Fr. (spore oblongue), *inolens* Fr. et *tesquorum* ss Lange. Nous n'avons pas trouvé d'oïdies aux haplontes examinés des espèces suivantes : *Panus torulosus* Pers., *Panellus violaceofulvus* Batsch., *Lentinellus ursinus* Fr., *Pleurotus applicatus* Batsch., *candidissimus* B. et C., *Xeromphalina campanella* Batsch., *Marasmius alliaceus* Jacq., *androsaceus* L., *epiphyllus* Pers., *oreades* Bolt., *ramealis* Bull., *rotula* Scop., *scorodonius* Fr., *Crinipellis stipitarius* Fr., *Mycena amicta* Fr., *citrinomarginata* Gillet, *crocata* Schrad., *elegans* Pers., *flavipes* Pers., *flavoalba* Fr., *floridula* Fr., *hæmatopus* Pers., *Langei* Maire, *olivascens* Quél., *sanguinolenta* Alb. et Schw., *vitrea* Fr., *xantholeuca* Künher, *Collybia butyracea* Bull., *platyphylla* Pers., *pseudoclusilis* Konrad et Joss., *Rhodocybe striatula* Kühner, *Omphalia chrysophylla* Fr., *maura* Fr., *Tephrophana mephitica* ss Boud., *rancida* Fr., *Clitocybe cyathiformis* Fr., *obbata* Fr., *dicolor* Pers., *pithyophila* Secr., *Clitopilopsis hirneola* Fr., *Ripartites Tricholoma* Alb. et Schw. *Aspropaxillus giganteus* Sow., *Armillariella mellea* Vahl.

Sur 22 Chromosporés examinés, 16 au moins ont produit des oïdies : *Hebeloma truncatum* ss. Lange, *sinapizans* Paul., *Pholiota mutabilis* Schaef., *Flammula hybrida* F., *lutaria* Maire, *spumosa* Fr., *Galera sideroides* Bull., *Psilocybe semilanceata* Fr., *Hypholoma capnoides* Fr., *fasciculare* Huds., *sublateritium* Schaef., *Panæolus separatus* L., *subalteatus* B. et Br., *Drosophila* (*Hypholoma*) *hydrophila* Bull., *Coprinus* cf. *Friesii* Quél., *plicatillis* Curt. Nous n'avons pas vu d'oïdies dans les 6 espèces suivantes : *Tubaria pellucida* Bull., *Galera clavata* Velen., *sphagnorum* Pers., *marginata* Batsch., *Bolbitius vitellinus* Pers. et *Coprinus plagioporus* Romagn.

Chez les Leucosporés, les oïdiophores ne sont guère différenciés, et les oïdies résultent de la désarticulation d'hyphes âgées, septées par de simples cloisons. Par contre, chez les Chromosporés, les oïdiophores sont fort peu spécialisés, fréquemment spiralés et les cloisons qui délimitent les oïdies sont souvent triples [2], surtout à la première série de segmentations. Nous avons retrouvé chez *D. hydrophila* les préoïdies bicellulaires si répandues d'après nos observations dans le genre *Drosophila*; nous les avons revues chez les *Coprinus* cf. *Friesii* et *plicatilis*.

Les oïdies sont beaucoup plus répandues chez les Chromosporés que chez

---

[2] R. KÜHNER, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 553.

les Leucosporés, comme nous l'indiquions déjà dans notre thèse ([3]); totalisant nos résultats, nous pouvons dire que le rapport du nombre des espèces à oïdies à celui des espèces étudiées est de 34/58 pour les Chromosporés et de 7/71 pour les Leucosporés.

L'extrême rareté des oïdies dans le groupe des Téléphoracées reconnue par M. Nobles et R. Biggs ([4]) s'explique sans doute par le fait que la plupart des espèces du groupe dont la germination a pu être obtenue sont des Leucosporés.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le pinitol, le mannitol et le saccharose de quelques Légumineuses.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans deux Notes précédentes ([1]) j'ai signalé la présence du pinitol chez de nombreuses Légumineuses. Le présent travail a pour but d'apporter quelques précisions sur le rendement des extractions effectuées et de mentionner les espèces qui ont fourni du mannitol et du saccharose.

Les teneurs les plus élevées en pinitol ont été observées chez les plantes suivantes : *Cercis Siliquastrum* (feuilles, en août : 2g,80 brut pour 100g sec; fruits, en août : 1,50), *Ceratonia Siliqua* (folioles, en septembre : 2,50 brut, presque pur), *Sophora viciifolia* (feuilles, en juillet : 2,70), *Laburnum anagyroides* (feuilles, en octobre : 2,05), *Spartium junceum* (tiges vertes, en janvier : 1 à 4 % suivant les pieds), *Medicago lupulina* (tiges feuillées, en août : 2), *Coronilla emeroides* (folioles, en juin ou septembre : 2 à 3 %), *Onobrychis sativa* (feuilles, en juillet : 1,60). Les feuilles des *Cassia*, *Gymnocladus*, *Gleditschia*, *Amorpha* en ont fourni plus de 1,2 % brut. Les tiges vertes de *Cytisus scoparius*, les tiges feuillées de *Genista tinctoria*, *Melilotus officinalis*, *Trifolium incarnatum*, *Astragalus*, *Vicia angustifolia*, les feuilles de *Petteria*, *Anthyllis vulneraria*, *Halimodendron*, *Caragana*, *Glycyrrhiza*, *Glycine Soja* ont permis d'obtenir 0,60 à 1 % de pinitol propre, facile à purifier.

Pour les plantes moins riches en pinitol, celui-ci n'a cristallisé qu'après un repos plus ou moins long de la liqueur acétonique d'épuisement : *Trifolium pratense* (0,20), *Ornithopus* (0,30), *Hippocrepis* (0,20), *Arachis* (0,56), *Desmodium* (0,15), *Pueraria* (0,16). Les *Trigonella*, *Psoralea* et surtout les *Wistaria* sont encore plus pauvres. Pour les folioles de *Robinia Pseud'Acacia*, la cristallisation n'a été obtenue qu'en liqueur estéro-acétique après défécation plombique de l'extrait par l'acétone (en juillet : 0,20 pur).

([3]) H. C. Yen, *Ann. Univ. Lyon. Sci. Nat.*, 1949, p. 1.

([4]) R. Biggs, *Mycologia*, 30, 1938, p. 63.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 859; 230, 1950, p. 125.

En général, les feuilles renferment plus de pinitol que les écorces de rameaux ou les tiges herbacées (*Cercis*, *Thermopsis*, *Onobrychis*). Je n'ai pas pu l'extraire des écorces âgées de *Gleditschia triacanthos*; *Amorpha fruticosa*, *Robinia Pseud'Acacia*; celles de *Sophora japonica* se sont révélées très pauvres. Les écorces des grosses branches de *Cytisus scoparius* en ont fourni bien moins que les tiges vertes (qui remplacent les feuilles trop peu nombreuses); avec les écorces des racines, la cristallisation a été minime. Le pinitol diminue au cours de la dessiccation des fruits : les fruits secs restés une partie de l'hiver sur les branches en sont souvent dépourvus (ceux des *Gleditschia* en ont encore fourni en décembre, ceux de *Gymnocladus* en avril).

Le mannitol a été isolé, en faible quantité, des fruits secs de *Cercis Siliquastrum* (janvier), *Gymnocladus dioicus* (octobre : 0,05), *Laburnum anagyroides* (février), *Petteria ramentacea* (décembre), *Spartium junceum* (décembre). Il a été identifié par sa forme cristalline, quelques solubilités, son point de fusion 166° sans dépression après mélange avec du mannitol de référence. Il est loin d'avoir chez les Légumineuses une répartition aussi étendue que le pinitol : rencontré seulement dans certains organes d'espèces isolées (et pas dans tous les échantillons), il traduit une particularité très localisée de leur métabolisme ou même une activité de microorganismes.

L'épuisement du matériel sec par l'acétone fournit un pinitol brut parfois mélangé à une quantité variable de saccharose. Celui-ci a été isolé à l'état pur des espèces suivantes (identifié dans tous les cas par sa forme cristalline, son point de fusion, sa réaction avec l'orcinol chlorhydrique et, dans la plupart des cas, par son hydrolyse sucrasique) :

Albizzia Julibrissin (rachis); *Cercis canadensis* (feuilles); *Cassia corymbosa* (folioles); *C. marylandica* (feuilles); *Gymnocladus dioicus* (fruits en septembre : tissu mou interne, graines); *Gleditschia triacanthos* (graines); *G. caspica* (graines); *Sophora japonica* (écorces); *S. Korolkowii* (folioles); *Cladrastis lutea* (folioles); *Baptisia australis* (feuilles); *Genista tinctoria* (rameaux feuillés); *G. Lobelii* (rameaux verts); *Spartium junceum* (tiges vertes, graines); *Ulex europæus* (rameaux feuillés); *Cytisus scoparius* (racines, écorces de gros rameaux); *C. ciliatus* (rameaux); *Cytisanthus radiatus* (rameaux verts); *Ononis Natrix* (tiges feuillées); *O. mitissima* (tiges feuillées); *Medicago sativa* (tiges feuillées); *M. lupulina* (tiges feuillées); *Dorycnium rectum* (feuilles); *Indigofera Gerardiana* (feuilles); *Robinia Pseud'Acacia* (écorces); *R. Kelseyi* (écorces); *Colutea brevialata* (écorces); *Halimodendron halodendron* (folioles); *Caragana Chamlagu* (écorces); *Bisserula Pelecinus* (plante entière); *Glycyrrhiza glabra* (feuilles); *G. echinata* (feuilles); *Coronilla Emerus* (rameaux); *C. emeroides* (folioles); *Onobrychis sativa* (feuilles); *Lespedeza Thunbergii* (feuilles); *Campylotropis macrocarpa* (feuilles); *Vicia sativa* (tiges feuillées); *Lathyrus heterophyllus* (tiges feuillées); *L. niger* (feuilles); *Pisum sativum* (tiges feuillées); *Apios tuberosa* (tiges vertes, folioles); *Pueraria Thunbergiana* (feuilles);

Phaseolus vulgaris (folioles, fruits verts); *P. multiflorus* (folioles); *Vigna Catjang* (folioles).

En résumé, des teneurs en pinitol de 1 à 2 % sec ne sont pas rares chez les Légumineuses; les organes chlorophylliens sont les plus riches. Le mannitol a été rencontré dans les fruits secs de quelques espèces et le saccharose a été isolé de plantes appartenant à tous les groupes.

AGRONOMIE. — *Précisions sur certains caractères morphologiques dans la détermination de l'âge physiologique des céréales en vue des études de biochimie appliquée à l'Agronomie.* Note (*) de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Albert Demolon.

Le mode d'alimentation d'une plante varie avec son âge physiologique. — Nous avons déjà attiré l'attention des agronomes sur la nécessité de préciser l'âge physiologique des végétaux soumis à l'analyse chimique, afin d'éviter le risque de faire porter la comparaison sur des sujets physiologiquement différents ([1]). Les prélèvements d'échantillons sont commandés par l'apparition de caractères morphologiques que nous nous proposons de bien préciser.

Cas du Blé. — *Épiaison.* — Nous avons montré que le fait d'échantillonner soit au début, soit à la fin de cette période physiologique, peut entraîner des différences de chimisme non négligeables, surtout en ce qui concerne K_2O. Le début de l'épiaison, sortie de deux ou trois des premiers épillets hors de la gaine foliaire, peut être pris comme critère.

Floraison. — L'autogamie est de règle chez le Blé, sauf pour quelques rares variétés. Les anthères qui apparaissent au dehors sont vidées de leur contenu. La floraison débute par les épillets médians et progresse ensuite vers la base ou le sommet de l'épi; mais dans un épillet, elle commence par la fleur n° 1, puis n° 2, puis n° 3, en partant du point d'insertion. Il en résulte que les dernières fleurs d'un épillet médian fleurissent après les fleurs n° 1 d'épillets situés plus haut ou plus bas. L'ordre de floraison se traduit d'ailleurs par un volume et un poids de grain assez rigoureusement proportionnels. En conséquence, le meilleur critérium semble être la floraison de la fleur n° 1 des quatre ou cinq épillets médians. Le nombre de jours qui s'écoulent entre le début, ainsi précisé, de la floraison, et la floraison complète, dépend de la variété mais surtout des conditions météorologiques de l'année. Nous avons pu relever, entre le début et la fin de cette période physiologique, des écarts de chimisme notables surtout pour K_2O et CaO. Exemples :

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) *C. R. Ac. d'Agriculture*, 4 et 25 novembre 1936.

Vilmorin 27.	Plante entière moins la racine (% de matière sèche).				
	N.	P_2O_5.	K_2O.	CaO.	MgO.
Début de floraison (22 avril) (moyenne de quatre échantillons)............	0,75	0,40	1,80	0,46	0,22
Floraison complète (26 avril) (moy. de quatre échantillons)...........	0,63	0,38	1,45	0,27	0,19

Cas du Seigle. — Le décalage entre le début de l'épiaison et le début de la floraison est assez grand : 8 à 10 jours et davantage suivant l'année. Pour l'échantillonnage du *début épiaison*, on peut procéder comme pour le Blé. Pour celui du *début de la floraison* (le Seigle est hétérogame), le moment du prélèvement est plus difficile à déterminer. La floraison débute par le milieu de l'épi et progresse simultanément vers le haut et vers le bas, mais il n'y a jamais plus de deux fleurs fertiles par épillet. Aussi n'y a-t-il pas pour ainsi dire de décalage entre la fleur n° 1, l'inférieure, et la fleur n° 2. Nous conseillons de se baser sur la floraison des quatre ou cinq épillets du milieu de l'épi sans tenir compte de la position des fleurs, ce qui est du reste un peu plus délicat à observer que pour le Blé.

Cas de l'Orge. — La maturité des étamines a lieu avant la fin de l'épiaison; la sortie complète de l'épi et la fécondation également. En conséquence, le critérium à choisir pour le moment du prélèvement des échantillons est plus difficile que pour le Blé. On pourrait toutefois faire coïncider l'échantillonnage avec l'apparition d'un bouquet d'arêtes hors de la gaine foliaire : (*début épiaison*).

La floraison ou sortie des anthères ne correspond à rien de bien précis. Elle débute, ou bien vers le milieu, ou bien dans la moité inférieure de l'épi. De plus, il se peut que dans un même épi, sur des épillets voisins, des étamines sortent 5 à 6 jours après la fécondation, d'autres beaucoup plus tard, alors que pour d'autres fleurs elles ne sortent pas : on les trouve collées au grain à la récolte. L'analyse chimique portera dans ce cas sur des sujets beaucoup moins bien définis au point de vue de leur âge physiologique que pour les autres céréales décrites.

Cas de l'Avoine. — Chez cette céréale, qui est autogame comme le Blé, l'épiaison (épanouissement de la panicule) et la floraison, sont échelonnées. De plus, la panicule met assez longtemps à se dégager de la gaine foliaire (une semaine ou plus suivant l'année). On pourra considérer comme *début épiaison* la sortie de la pointe de la panicule hors de la gaine foliaire. Pour *la floraison*, qui débute par le sommet de la panicule, ou par les épillets portés par les ramifications principales, il n'y a pas de difficulté. On prendra comme test du début de la floraison la sortie des étamines de quatre à cinq épillets terminaux et sur la fleur n° 1 de la base de l'épillet, qui est très visible.

En résumé, si, dans ce qui précède, nous n'avançons quoi que ce soit qui ne doive être familier aux biologistes, le chimiste agronome confond trop souvent l'échantillon analysé et l'espèce végétale, alors qu'il n'est jamais qu'un *état transitoire* et particulier d'un individu de l'espèce végétale dans un milieu donné.

PHYSIOLOGIE. — *Le rameau cardiaque du pneumogastrique des Poissons est formé d'au moins deux nerfs : un nerf chronotrope, cholinergique, et un nerf tonotrope, non cholinergique.* Note (*) de MM. **Antoine Jullien** et **Jean Ripplinger**, présentée par M. Léon Binet.

Dans un travail antérieur ([1]) nous avons apporté des résultats expérimentaux en faveur de l'existence d'une systématisation des fibres nerveuses dans le nerf cardiaque chez les Gastropodes Pulmonés. Ce nerf paraît contenir des fibres vraisemblablement cholinergiques, à rôle spécifiquement chronotrope négatif et des fibres spécifiquement tonotropes, négatives, diastolisantes, non cholinergiques, distinctes des premières.

L'étude de l'action du vague chez les Poissons, nous amène aux mêmes conclusions que chez les Mollusques. Nos expériences ont porté sur la Tanche; nous avons opéré, sur le cœur *in situ*, le ventricule relié au dispositif d'enregistrement, le pneumogastrique dégagé avec précaution et chargé sur un excitateur. On sait que l'excitation faradique du vague chez les Poissons est suivie de deux effets très apparents : 1° un effet chronotrope négatif; il y a ralentissement ou inhibition totale du cœur, marquée parfois, dans le second cas, par la réapparition de quelques rares systoles irrégulièrement espacées; 2° un effet tonotrope; l'organe s'arrête en diastole; mais le niveau de celle-ci doit être précisé; il se situe très au-dessous du niveau de tonus diastolique normal.

Le cœur *in situ*, en fonctionnement régulier, est d'abord soumis à l'action de solutions d'acétylcholine de concentrations variables; pour les fortes concentrations $1/10^4$, $1/10^3$, on obtient un arrêt de l'organe, à un niveau de tonus qui n'est que très légèrement inférieur au niveau de tonus diastolique normal. Les concentrations plus faibles ($1/10^8$, $1/10^7$), n'arrêtent pas le cœur; elles provoquent seulement une certaine arythmie marquée par des systoles normales encadrant des paquets de systoles un peu moins amples.

Lorsque le cœur est ainsi sous l'action de l'acétylcholine, on porte, sur le nerf vague, des excitations d'intensité moyenne; il se produit alors, après un temps perdu très court, une chute de tonus considérable, dépassant en amplitude celle d'une contraction normale; parallèlement, le cœur arrête ses

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 467.

battements. Après cessation de l'excitation, le tonus remonte rapidement à son niveau initial. Ces résultats sont, sans exception, toujours très positifs, quelle que soit la concentration de la solution d'acétylcholine appliquée, au préalable, sur le cœur. Cette chute, très ample, de tonus, est-elle liée à l'acétylcholine que nous avons montré produite en quantité notable par l'excitation du vague et qui aurait, chez les Poissons, contrairement à ce qu'on observe chez l'Escargot, une action relâchante, d'autant plus prononcée que la concentration est plus forte? Certainement non, et l'on peut apporter la preuve de cette réponse négative. Si, en effet et par exemple, l'expérience est conduite après action préalable de la concentration $1/10^7$, ce taux, renforcé par la quantité additionnelle d'acétylcholine développée par l'excitation du nerf, reste toujours plus faible que les concentrations $1/10^4$ ou $1/10^3$; ainsi il ne peut, seul, expliquer une chute de tonus à un niveau beaucoup plus bas que celui dont sont responsables les fortes concentrations $1/10^4$ et $1/10^3$. L'effet tonotrope négatif, intense, enregistré lors de l'excitation du vague semble donc bien lié, non à l'acétylcholine libérée, mais à la mise en jeu de fibres spécifiques, purement tonotropes, non cholinergiques.

Toute une série d'autres observations que nous ne pouvons qu'énumérer dans le cadre de cette Note, apportent des preuves de l'existence d'une systématisation des fibres constitutives du vague chez les Poissons, par exemple :

a. le seuil pour l'effet tonotrope négatif est plus bas que pour l'effet chronotrope; on peut, avec des excitations de faible intensité, dissocier ces deux effets et obtenir l'effet tonotrope à l'état pur, sans changement dans la fréquence du rythme;

b. le temps perdu pour l'obtention de l'effet tonotrope négatif est très court; il est plus long pour l'effet chronotrope;

c. des poisons, comme l'atropine, suppriment l'effet chronotrope, mais laissent inaltéré l'effet tonotrope.

Ainsi, nos observations tendent à prouver que, chez les Poissons, comme chez les Mollusques, — et il est intéressant de souligner au passage ces similitudes fonctionnelles entre Vertébrés et Invertébrés, — le nerf vague ne constitue pas un seul nerf dont toutes les fibres auraient les mêmes propriétés; il représente un ensemble de nerfs ayant respectivement des fonctions distinctes; deux sont déjà différenciés : un nerf chronotrope, cholinergique, et un nerf tonotrope, non cholinergique, n'agissant pas par un mécanisme neurochimique; il n'est pas impossible qu'il comprenne d'autres nerfs, responsables des effets dromotropes et bathmotropes et, peut-être également, le symétrique du vague dans le système neurovégétatif, c'est-à-dire le sympathique, présente-t-il une organisation analogue.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'anourie congénitale non héréditaire chez le Rat.* Note (*) de M. NICOLAS KOBOZIEFF et Mme NATHALIE POMRIASKINSKY-KOBOZIEFF, présentée par M. Maurice Caullery.

On distingue, chez les Mammifères, trois types *d'anourie* : 1° Anourie *spécifique normale* (Homme), 2° Anourie *héréditaire* non spécifique, d'ordre mutationnel (Souris anoures), 3° Anourie congétinale *non héréditaire* (Rats anoures) (Kobozieff, 1935).

D'une façon générale, l'apparition des Rats anoures dans les élevages est extrêmement rare. Elle a été signalée pour la première fois par Corsy, 1908 (1 cas) et par Conrow, 1915 et 1917 (5 cas). Ces deux auteurs ne fournissent pas malheureusement de références statistiques, ni de recherches génétiques. D'après la statistique de King, l'élevage du Wistar Institute n'a fourni, de 1907 à 1930, que 16 cas d'anourie sur 171 000 rats. D'après la statistique d'Evans, faite sur l'élevage du laboratoire d'anatomie de l'université de Californie (Berkeley), il n'a été recensé que deux Rats anoures sur 60 000 enregistrés.

L'étude anatomique a été effectuée par les auteurs ci-dessus cités, et par Hutt et Midland, Dunn, Gluecksohn-Shoenheimer, Curtis et Dunning. Il a été démontré que les vertèbres lombaires sont normales (au nombre de 6); les vertèbres sacrées sont parfois réduites à un seul élément, et la région caudale est absente ou ne comprend que la première vertèbre caudale.

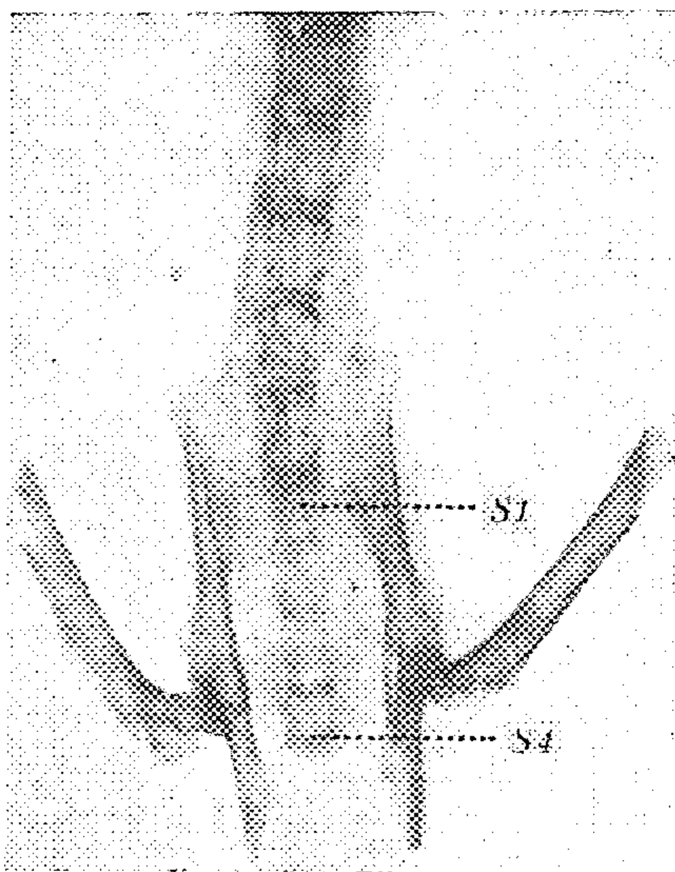
L'étude génétique a été effectuée par King 1931, Hutt et Midland, 1932 et surtout par Dunn et ses collaborateurs, 1942. King n'a obtenu, à partir de deux sujets anoures, dans deux générations (F_1, 25 individus et F_2, 132 individus), que des descendants normaux. Hutt et Midland ont trouvé que les descendants d'un mâle anoure, au nombre de 229, étaient normaux, aussi bien en F_1 et F_2 qu'en F_b (croisement de retour). Tous ces auteurs en ont conclu qu'il s'agit d'une anomalie congénitale non héréditaire.

Dunn et ses collaborateurs ont vu apparaître 39 sujets anoures, sur 1166 individus, dans trois lignées consanguines de provenance différente. L'anourie ne se transmettait pas. Toutefois sa fréquence d'apparition était variable suivant la lignée, soit 1,3 %, 1,6 % et 3,7 %. A noter que, dans une des trois lignées, ils n'ont obtenu que des femelles anoures, au nombre de 13. Ils ont conclu également qu'il ne s'agit pas d'une mutation proprement dite, mais d'une anomalie caudale non héréditaire et que la différence du taux de fréquence d'apparition de l'anourie est due plutôt à une tendance héréditaire, propre à chaque lignée, à produire l'anomalie en question.

(*) Séance du 20 février 1950.

Dans notre petit élevage de rats, nous avons vu surgir, à notre tour, une femelle anoure.

L'étude radiographique du Rat anoure (*voir* la figure) nous a montré que le rachis se termine par la quatrième vertèbre sacrée, et que le nombre et la structure des vertèbres des autres régions du rachis sont normaux (7 vertèbres cervicales, 12 vertèbres dorsales et 6 vertèbres lombaires).



La preuve que l'anourie est congénitale et n'est pas due à un traumatisme survenu aussitôt après la naissance réside dans l'expérience de Conrow. Cet auteur a démontré expérimentalement, en amputant à la naissance la queue des rats normaux, que l'amputation laisse toujours subsister les quatre vertèbres caudales et la moitié de la cinquième.

Notre femelle anoure est apparue dans une portée de 7 petits, issus de parents normaux. Les croisements effectués entre frères et sœurs normaux de cette femelle anoure ainsi que leurs descendants immédiats n'ont fourni que des sujets normaux au nombre de 204.

L'étude génétique nons a amenés à la conclusion que cette anomalie congénitale est non héréditaire.

En effet, les croisements de la dite femelle anoure avec son père, ses deux frères et un seul fils, ainsi que les croisements des rats normaux de la première génération entre eux, nous ont fourni une descendance exclusivement normale (au nombre de 138 sujets).

A noter que, dans les publications, nous n'avons pu recencer que 65 cas d'anourie, 63 en Amérique et 2 en France, celui de Corsy et le nôtre.

En définitive, nous sommes en présence d'un cas isolé d'anourie congénitale non héréditaire, dont la production dépend d'un phénomène purement somatique et n'a aucune signification évolutive.

GÉNÉTIQUE. — *Déterminisme génétique des types de coloration chez* Sphæroma serratum (*Isopode flabellifère*). Note (*) de MM. **Charles Bocquet**, **Claude Lévi** et **Georges Teissier**, présentée par M. Louis Fage.

Il est possible de distinguer, dans les populations de *Sphæroma serratum* des côtes de Bretagne, cinq types fondamentaux de coloration, stables sous une apparente diversité et qui ne se modifient jamais au cours de la vie. Ils sont héréditaires, sont conditionnés par le jeu de quatre couples d'allèles indépendants et peuvent être rangés par ordre de dominance croissante.

Les *Sphæroma serratum* (Fabricius), présentent un polychromatisme naturel si marqué qu'il semble impossible, à première vue, de répartir les divers représentants d'une même population entre des classes bien définies. Nous avons constaté cependant que, si l'on fait abstraction de l'adaptation chromatique qui est responsable de cette impression de continuité, il ne subsiste plus qu'un petit nombre de types fondamentaux, caractérisés par une localisation définie ou une nature particulière des pigments. Il est toujours possible d'identifier ces types de coloration sur le vivant, quelles que puissent être les variations réversibles, plus ou moins étendues, qu'entraînent les déplacements des granules pigmentaires dans les chromatophores, et l'on constate qu'ils sont parfaitement stables sous une apparente diversité. Ils sont en outre reconnaissables dès la naissance et ne se modifient jamais au cours de la vie.

De tels faits plaidant en faveur du caractère héréditaire de la détermination du type pigmentaire, nous avons analysé la descendance de nombreuses femelles fécondées récoltées dans la nature. Les indications ainsi obtenues sont assez imparfaites, parce que le type paternel est inconnu et qu'il n'est même pas exclu qu'il ait pu se produire une fécondation multiple. En fait, à de rares exceptions près, les portées étudiées ont révélé des proportions mendéliennes convenables, permettant de déterminer le type du mâle et d'élucider de proche en proche les génotypes caractéristiques des diverses classes pigmentaires.

Pour recouper ces indications, des croisements ont été réalisés au laboratoire entre conjoints choisis. Ces expériences sont malheureusement difficiles à mener à bien, par suite de la lenteur du développement et, jusqu'à présent, nous n'avons pu étudier que la descendance de 56 femelles. La concordance parfaite entre les faits établis par ces croisements dirigés et ceux que nous avaient révélés l'étude de plus de 16 000 descendants de femelles sauvages nous paraît autoriser les conclusions suivantes.

Cinq types principaux de répartition des pigments s'observent dans les populations de *Sphæroma serratum* des côtes bretonnes. Ils mettent en jeu quatre couples d'allèles indépendants et dont aucun n'est lié au sexe. Nous

---

(*) Séance du 20 février 1950.

appellerons dans l'ordre des dominances croissantes : *albicans*, *discretum*, *lunulatum*, *ornatum* et *signatum*, ces cinq mutants ; nous ne parlerons pas ci-après d'autres types plus rares et notamment d'un gène dominant qui détermine une teinte rouge brique, sur lequel des données complémentaires sont encore nécessaires.

Le mutant *albicans* se caractérise par la répartition uniforme des chromatophores sur tout le corps. Suivant les conditions de milieu, la couleur varie du gris foncé au blanc jaunâtre. A ce mutant ne correspond qu'un seul génotype, quadruplement récessif :

$$dd \mid ll \mid oo \mid ss.$$

Le mutant *discretum* présente un aspect tacheté dû à des concentrations de chromatophores, notamment au bord postérieur de la tête et des segments thoraciques et sur les premiers segments abdominaux. Les variations de teinte rappellent celles d'*albicans*. Il correspond deux génotypes à ce triple récessif :

$$\begin{array}{c|c|c|l} dD & & & \\ DD & ll & oo & ss. \end{array}$$

Le mutant *lunulatum* est nettement teinté en gris bleuté, mais il possède une lunule blanche sur le front, un écusson blanc sur le pleotelson et de petites taches blanches latérales aux premier et cinquième segments thoraciques. Il est moins sensible que les précédents à l'adaptation chromatique. C'est un double récessif auquel paraissent pouvoir correspondre six génotypes :

$$\begin{array}{c|c|c|l} dd & & & \\ dD & lL & oo & ss, \\ DD & LL & & \end{array}$$

Le mutant *ornatum* présente un dessin compliqué, rouge plus ou moins brunâtre, donnant au Sphérome un aspect marbré. Il semble lui correspondre 18 génotypes, que nons n'avons d'ailleurs pas tous eu entre les mains :

$$\begin{array}{c|c|c|l} dd & ll & oO & \\ dD & lL & & ss. \\ DD & LL & OO & \end{array}$$

Enfin le mutant *signatum* se reconnaît aux trois bandes blanches, séparées par des régions pigmentées, qui s'étendent le long du thorax, la bande blanche médiane, la plus large, couvrant aussi les premiers segments abdominaux. Il doit, si nos interprétations sont exactes, comprendre 54 génotypes, fort rares pour la plupart :

$$\begin{array}{c|c|c|l} dd & ll & oo & sS \\ dD & lL & oO & SS. \\ DD & LL & OO & \end{array}$$

Il nous semble que l'intérêt de cette analyse réside moins dans les schémas

génétiques auxquels elle aboutit que dans les possibilités nouvelles d'étude du polychromatisme qu'elle nous apporte. Il est certain que le double déterminisme de la coloration mis en évidence, génétique ou fondamental d'une part, adaptatif ou secondaire d'autre part, se retrouve chez beaucoup de Crustacés. Par ailleurs, la répartition des Sphéromes est très étendue; leurs nombreuses populations denses et sédentaires, toutes polychromatiques, s'alignent le long de toutes nos côtes en un cordon très mince et discontinu, toutes circonstances favorables à des recherches de génétique des populations.

BIOLOGIE. — *Les migrations des pigments oculaires chez le phasme.* Note de Mme **Marie Dupont-Raabe**, présentée par M. Louis Fage.

Les migrations des pigments oculaires ont été souvent décrites chez les Insectes et en particulier chez les Lépidoptères; cependant on n'est pas encore bien renseigné sur le facteur qui les conditionne : facteur humoral comme chez les Crustacés, réaction directe des cellules pigmentaires au facteur lumineux ou réaction indirecte par l'intermédiaire d'une commande nerveuse. C'est à cette dernière conclusion qu'aboutit M. F. Day (1) dans son travail expérimental de 1941, sur *Ephestra kuhniella* Z. C'est également la conclusion à laquelle me conduisent mes expériences.

Chez le Phasme, *Carausius morosus*, Br, les yeux présentent des variations de coloration assez nettes. Jaune à la lumière, l'œil prend à l'obscurité une coloration noire. Ce changement résulte de la migration du pigment à l'intérieur des cellules pigmentaires principales à mélanine. A la lumière, ces cellules situées à la base des cristallins ne laissent subsister le long de ceux-ci que de fins prolongements dépourvus de pigment. A l'obscurité elles s'étalent largement le long du cristallin jusqu'à la cornée, et enserrent les cellules pigmentaires accessoires jaunes.

Injections d'extraits d'organes. — J'ai essayé, par des injections d'extraits faites au voisinage de l'œil de provoquer soit l'assombrissement, soit l'éclaircissement des yeux; mais aucun des extraits utilisés (extraits de cerveaux, de lobes optiques, de ganglions ventraux, de corpora cardiaca, de corpora allata) ne m'a donné de résultats; cependant, j'ai pu obtenir, chez les mêmes Phasmes, avec des extraits de cerveaux, des changements de couleur tégumentaires : réaction d'assombrissement. Des extraits de pédoncules oculaires de crevettes, des extraits de têtes de Corethres qui, je l'ai montré précédemment sont riches en hormone pigmentaire (2), des extraits hypophysaires, l'adrénaline et l'atropine se sont également montrés sans effet. L'acétylcholine en présence d'ésérine et l'ésérine seule provoquent un assombrissement, mais, dans ce cas, il

(1) *Biol. Bull., U. S. A.*, 80, 1941, p. 3.
(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 130-132.

convient d'être prudent dans l'interprétation des résultats, car ces substances sont toxiques; aux doses efficaces, elles agissent fortement sur le système nerveux, provoquant notamment des contractions musculaires répétées.

Ablations d'organes glandulaires. — L'ablation des corpora allata ou des corpora cardiaca ne trouble pas les migrations des pigments oculaires. L'ablation du ganglion frontal est également sans conséquences.

Sections et ablations nerveuses. — L'ablation du lobe optique d'un œil ou la section du nerf optique entre l'œil et le lobe donnent les mêmes résultats : l'œil opéré subit d'abord un assombrissement qui dure au maximum quelques jours et qui résulte probablement d'une excitation nerveuse opératoire; puis il s'éclaircit et n'est alors plus capable de s'assombrir en réponse au facteur obscurité. Il n'est cependant pas lésé, car on peut provoquer de nouveau la migration des pigments en position d'obscurité par des excitations mécaniques ou électriques internes. L'œil non opéré, par contre, continue à s'adapter normalement. Il se produit donc à la suite de ces opérations une dissociation complète entre les réponses des deux yeux. Ceci montre que, d'une part, la migration des pigments ne s'effectue pas directement en réponse au facteur lumineux; d'autre part, elle ne peut pas résulter non plus d'une commande humorale venant d'un organe éloigné de l'œil, puisque, dans des circonstances où la circulation du sang n'est pas troublée, les deux yeux réagissent différemment. Ainsi se trouvent expliqués les résultats négatifs de mes premières expériences d'injection. Envisageons alors l'hypothèse d'un contrôle nerveux et voyons comment il s'effectue.

Si l'on sectionne le nerf optique entre le lobe et le cerveau ou si l'on fait l'ablation du cerveau on constate que les migrations pigmentaires restent normales. C'est donc le lobe optique seul qui commande la migration des pigments. Agit-il en sécrétant un médiateur chimique de diffusion très locale? Ceci semble peu probable puisque ni par des injections d'extraits de lobes, ni par des implantations de lobes d'animaux vivant à l'obscurité ou de lobes préalablement excités électriquement, il n'est possible de provoquer la migration des pigments en position d'obscurité. On peut, par contre, provoquer cette migration dans des yeux normaux ou dans des yeux séparés de leur lobe optique par ablation ou section, à l'aide d'excitants non humoraux appliqués sur la rétine, excitants mécaniques et surtout excitants électriques (excitations par ondes induites de bobine, faite à l'aide de fines électrodes d'argent chloruré).

En conclusion, il semble que chez *Carausius morosus,* la commande des migrations des pigments oculaires se fasse par le lobe optique et cela par voie nerveuse. Il s'agit donc là d'un mécanisme physiologique différent de celui qui règle la migration des pigments hypodermiques, mécanisme sur lequel je pense pouvoir apporter prochainement des précisions.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Comparaison biochimique d'une souche bactérienne sensible à la streptomycine et d'une souche résistante de la même espèce.* Note de MM. **François Gros**, **Mirko Beljanski**, **Michel Machebœuf** et Mme **Françoise Grunbach**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Pendant la phase de latence qui précède la croissance logarithmique, une souche de Staphylocoques streptomycinorésistante accumule des quantités d'acide ribonucléique très supérieures à celles qui sont accumulées par la souche sensible dont dérive la résistante. L'acide désoxyribonucléique, les nucléotides et les protéines ne sont pas accumulés en excès.

On a peu étudié jusqu'ici l'aspect biochimique de la résistance acquise des bactéries aux antibiotiques, et les travaux sur la streptomycine (1) (2) ont porté sur des bactéries provenant de cultures âgées ou sur des bactéries non proliférantes; ils ne permettent donc pas de conclusion au sujet des synthèses des constituants bactériens. Nous avons étudié deux souches de *Staphylococcus aureus* au cours de leur croissance. La souche *résistante* avait été obtenue par cultures de l'autre souche *sensible* dans l'eau peptonée renfermant des doses croissantes de streptomycine. Les sensibilités respectives à l'antibiotique étaient 20 000 μg/ml et 4 μg/ml. La souche résistante fut ensuite étudiée sur bouillon sans antibiotique.

La *croissance* des deux souches fut suivie par opacimétrie en ensemençant au moyen de bactéries d'une culture de 24 heures sur bouillon ordinaire. Les courbes ont des allures similaires, mais la phase de latence est plus longue pour la souche résistante.

On sait que la streptomycine perturbe le métabolisme de l'acide ribonucléique (3). Nous avons donc porté notre attention sur cet acide et ses dérivés, ainsi que sur les protéines.

Deux séries de boîtes de Roux, contenant du bouillon gélosé, furent ensemencées par des inoculats de même masse provenant de cultures âgées de 18 heures. Toutes les heures, on préleva une boîte de la série *résistante* et une de la série *sensible*. Les bactéries furent récoltées lavées et analysées. On dosa sur des portions aliquotes : azote total, mononucléotides totaux (4), orthophosphates (5), acide ribonucléique (6), acide désoxyribonucléique (7). Pour

(1) Ciuča et al., *Bul. Stiinte Medic.*, (Roumanie), 1, 1949, n° 3.

(2) Oljinski, Smith et Umbreit, *J. of Bacter.*, 58, 1948, p. 747 et 776.

(3) Gros, Machebœuf et Jeulin, *Ann. Inst. Past.*, 75, 1948, p. 242.

(4) Kerr., *J. Biol. Chem.*, 132, 1940, p. 215.

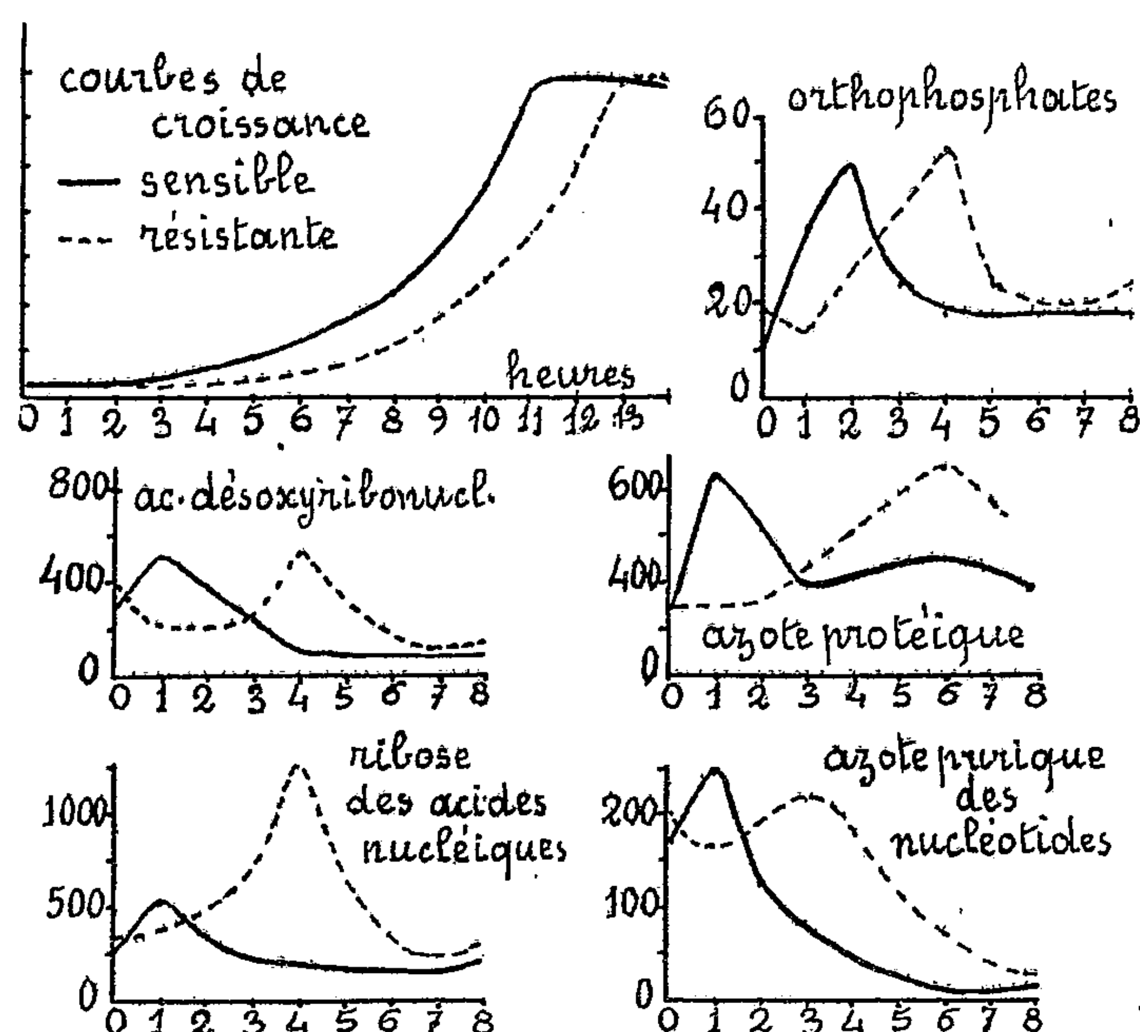
(5) Briggs, *J. Biol. Chem.*, 53, 1922, p. 13.

(6) Beljanski et Machebœuf, *C. R. Soc. Biol.* 32, 1949, p. 174.

(7) Dische, *Mikrochemie*, 8, 1930, p. 432.

avoir enfin une idée de l'azote protéique, nous avons dosé l'azote dans les résidus microbiens après épuisement par l'acide trichloracétique à 5 % chaud.

Pour les courbes ci-contre, les abscisses sont les durées de culture, tandis que les ordonnées correspondent aux teneurs en microgrammes rapportées au milligramme d'azote total des bactéries.



Parmi les substances étudiées, *seul l'acide ribonucléique est accumulé en plus grande quantité par la souche résistante*. Pour toutes les autres substances, on note seulement un retard à l'accumulation en rapport avec l'allongement de la phase de latence.

Bien que la souche résistante accumule des quantités considérables d'acide ribonucléique, la synthèse de ses protéines conduit à une même teneur que pour la souche sensible. Or, on sait qu'il existe une corrélation entre la synthèse des protéines et celle de l'acide ribonucléique. Nous observons donc un défaut d'harmonie entre les synthèses ribonucléique et protéique chez la souche résistante. Dans cette souche, l'accumulation massive de l'acide ribonucléique constitue peut-être, en partie, un processus de désintoxication vis-à-vis de l'antibiotique. [Rappelons que l'acide ribonucléique est antagoniste de la streptomycine ([8]), ([9]).] On peut se demander si l'accumulation massive de l'acide ribonucléique est spécifique de la streptomycinorésistance ou bien accompagne la résistance acquise vis-à-vis d'autres antibiotiques.

([8]) Von Euler et Heller, *Ark. Kem.*, 26 A, 1948, n° 14.

([9]) Rybak, Grumbach et Gros, *Ann. Inst. Past.*, 77, 1949, p. 237.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les acides mycoliques de deux souches de Mycobacterium tuberculosis var. hominis :* H 37-Ra et H 37-Rv (1). Note de M. **Jean Asselineau**, Mlle **Hélène Demarteau** et M. **Edgar Lederer**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Les souches H 37-Ra et H 37-Rv de *Mycobacterium tuberculosis* var. *hominis*, dont nous étudions ici les acides mycoliques, proviennent de la dissociation de la souche H 37 virulente (2). H 37-Rv a conservé la virulence de la souche initiale, tandis que H 37-Ra est avirulente.

Dans une Note précédente (3), nous avons rapporté des différences chimiques entre ces deux souches : une fraction lipopolysaccharidique extraite de H 37-Rv fond à 210-225° et contient 1,1 % d'azote appartenant à trois acides aminés : alanine, acide glutamique et acide $\alpha_1\varepsilon$-diaminopimélique (4). Cette fraction ressemble ainsi de très près à des lipopolysaccharides analogues que nous avons extraits de deux autres souches humaines virulentes. La fraction correspondante de la souche avirulente H 37-Ra, par contre, fond à 52-57° et ne contient que des traces d'azote.

Dans la présente Note nous décrivons *de nouvelles différences chimiques* entre ces deux souches : celles qui concernent la composition de leurs acides mycoliques.

Les deux acides mycoliques obtenus par saponification (5) des cires purifiées (6) de ces deux souches, peuvent être séparés en acides α et β par chromatographie sur alumine (7). Les propriétés des quatre acides mycoliques ainsi obtenus sont indiquées dans le Tableau; à titre de comparaison, nous joignons les données analogues concernant les acides mycoliques que nous avons isolés des souches virulentes Aeschbacher et Test (3) et celles de l'acide mycolique isolé par F. H. Stodola et R. J. Anderson (8) de la souche initiale H 37.

Le tableau montre que l'acide α-mycolique de H 37-Ra, F 58° est nettement différent des autres acides mycoliques, en ce qu'il ne contient *pas de méthoxyle* et donne, à l'acétylation par l'anhydride acétique bouillant, un *diacétate* F 44°, au lieu de se déshydrater en acide anhydromycolique comme le font les autres

(1) Sixième communication sur les constituants du bacille tuberculeux; pour la cinquième *voir* la référence (3).

(2) W. Steenken et L. U. Gardner, *Am. Rev. Tuberc.*, **54**, 1946, p. 62.

(3) J. Asselineau et E. Lederer, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 142.

(4) Pour l'identification de cet acide, *voir* E. Work, *Nature*, London, **165**, 1950, p. 74.

(5) D'après J. Asselineau, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 791.

(6) D'après R. J. Anderson, *J. Biol. Chem.*, **74**, 1927, p. 525 et **83**, 1929, p. 505.

(7) J. Asselineau et E. Lederer, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1892.

(8) *J. Biol. Chem.*, **114**, 1936, p. 468.

acides mycoliques humains. Par saponification du diacétate, F 44°, on obtient de nouveau l'acide α-mycolique F 58°.

Propriétés physiques et chimiques de divers acides mycoliques de souches humaines de Mycobacterium tuberculosis.

Souche	Aeschbacher et Test.		H 37 Anderson.	H 37 — Rv.		H 37 — Ra.	
Acide mycolique	α.	β.	-	α.	β.	α.	β.
F (°C)	55-56	71-73	54-56	53•	69	58	69-73
Poids moléculaires	1 285	1 295	1 284	1 270	-	1 290	1 290
Analyse (%) C	81,47 (*)	81,27 (*)	81,76 (*)	81,35	-	81,53 (*)	81,32
Analyse (%) H	13,28 (*)	13,52 (*)	13,34 (*)	13,54	-	13,52 (*)	13,62
Analyse (%) OCH_3	2,36 (*)	2,16 (*)	1,4 (*)	1,37	2,08 (*)	0,0 (*)	1,68
Ester méthylique (F °C)	46	55	45	-	-	48	-
Produit formé par ébullition avec l'anhydride acétique	Acide anhydro-mycolique F 39-41°		-	Acide anhydro-mycolique F 41°	-	Diacétate F 44°	-
Analyse (%) C	82,63 (*)	82,99 (*)	-	82,23	-	79,65 (*)	-
Analyse (%) H	13,50 (*)	13,59 (*)	-	13,60	-	13,10 (*)	-

(*) *Moyenne de plusieurs analyses.* — Les poids moléculaires, déterminés par titrage ont une marge d'erreur de ± 50. Les chiffres théoriques de composition élémentaire pour les divers corps mentionnés sont : *Acide mycolique* $C_{88}H_{176}O_4$: 81,40 % C, 13,66 % H, 2,39 % —OCH_3; PM 1 298,3. *Acide anhydro-mycolique* : $C_{88}H_{174}O_3$: 82,55 % C, 13,69 % H. *Acide α mycolique* de H 37 — Ra, $C_{87}H_{174}O_4$: 81,36 % C, 13,65 % H. PM 1 284,3, *diacétate* $C_{91}H_{178}O_6$: 79,87 % C, 13,11 % H.

Les bacilles, cultivés sur milieu de Sauton, dans le service du Dr J. Bretey, à l'Institut Pasteur, ont été immergés vivants dans un mélange d'alcool et d'éther, puis traités suivant (6).

En admettant que l'acide α-mycolique de H 37-Ra diffère de l'acide α-mycolique de H 37-Rv par la présence d'un —OH à la place du méthoxyle, cet acide aurait la formule $C_{87}H_{174}O_4$ et deux hydroxyles acétylables, ce qui est en accord avec les résultats des analyses élémentaires et la formation d'un diacétate. A la pyrolyse (9) l'acide α-mycolique de H 37-Ra fournit 28 % d'*acide hexacosanoïque n*, F 85-87°, comme les autres acides mycoliques humains.

Les acides β-mycoliques de H 37-Ra et Rv ne constituent que 10 % environ de l'acide mycolique total; aussi n'avons-nous pas encore pu les étudier davantage.

L'étude de la *teneur en méthoxyle* des divers acides mycoliques du tableau conduit à les classer en trois catégories :

1° Acides mycoliques de souches virulentes contenant la quantité théorique

(9) D'après F. H. Stodola, A. Lesuk et R. J. Anderson, *J. Biol. Chem.*, 126, 1938, p. 506.

de méthoxyle (isomères α et β des souches Aeschbacher et Test, acide β de H 37-Rv);

2° acides mycoliques dont la teneur en méthoxyle varie de 1,37 à 1,68 (acide d'Anderson, acides α de H 37-Rv et β de H 37-Ra); il s'agit là certainement de mélanges d'au moins deux acides qu'il s'agira de séparer;

3° acide mycolique de la souche H 37-Ra, avirulente, *qui est exempt de méthoxyle*. Nous ferons bientôt connaître d'autres acides mycoliques de ce genre.

En résumé, la souche avirulente H 37-Ra contient un acide α-mycolique dépourvu de méthoxyle, ayant probablement la formule $C_{87}H_{174}O_4$ et contenant deux hydroxyles acétylables.

PHARMACODYNAMIE. — *Synergisme de l'ocytocine et de quelques substances antihistaminiques.* Note (*) de MM. **Hubert Clauser**, **Hanns Maïer-Hüser** et **Claude Fromageot**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours de travaux sur la purification de l'ocytocine et sur la détermination de son activité, nous avons constaté que certaines substances antihistaminiques, complètement inactives par elles-mêmes sur l'utérus de cobaye isolé, accroissaient d'une façon remarquable la sensibilité de l'utérus à l'ocytocine. Il nous a paru intéressant d'étudier à ce point de vue diverses substances antihistaminiques, pour connaître celles qui sont douées de cette propriété; la connaissance d'un tel phénomène semble pouvoir apporter des explications d'une part à l'action de l'ocytocine, et d'autre part à différents effets physiologiques secondaires des substances antihistaminiques, effets signalés encore récemment (1).

Les expériences sont faites dans les conditions suivantes : utilisation d'un utérus de cobaye prépubère de 250^g environ; organe plongeant dans 125^{ml} d'une solution de Tyrode [solution à teneur en calcium relativement faible, préconisée par Junkmann (2)], maintenue rigoureusement à 37°,5, bien aérée, et contenant éventuellement les substances étudiées; enregistrement graphique des contractions; ocytocine utilisée sous forme soit d'une poudre acétonique de lobe postérieur d'hypophyse à environ 1 U. I./mg, soit d'une préparation déjà très purifiée, exempte de vasopressine, à environ 500 U. I./mg; addition de la substance antihistaminique et de l'ocytocine soit successivement, à une demi-minute d'intervalle, l'ordre d'addition n'ayant alors aucune influence, soit simultanément.

(*) Séance du 20 février 1950.

(1) R. Fikentscher et M. Meyhoefer, *Med. Monatschr.* 3, 1949, p. 922.

(2) Dans : *Abderhalden Handbuch d. biol. Arbeitsmethoden*, Abtl. V, Teil 3B, 1938, p. 1050.

Voici, à titre d'exemple, une expérience mettant en évidence le synergisme de l'ocytocine (préparation à 500 U. I./mg) et de la N-paramethoxybenzyl-N-diméthylaminoéthyl-α-aminopyridine [A].

Ocytocine (U. I./125^{ml}).	A (μg/125^{ml}).	Contraction enregistrée (× 4^{mm},7).
0,008	–	0
0,024	–	90
0,008	125	80
0,000	125	0

De nombreuses expériences ont montré que les huit substances antihistaminiques étudiées au point de vue qui nous occupe se classent en trois groupes :

I. Substances ne possédant aucune action contracturante propre, présentant une action synergique très nette, quantitativement toujours la même, et facilement réversible : N-paraméthoxybenzyl-N-diméthylaminoéthyl-α-aminopyridine;; N-phényl-N-benzylaminométhyl-imidazoline; Éther diméthylaminoéthylique du benzhydrol; Éther diméthylaminoéthylique du 2,4' diméthylbenzhydrol.

II. Substances possédant une action contracturante propre plus ou moins marquée, présentant une action synergique comparable à celle des corps du groupe I : N-benzyl-N-diméthylaminoéthyl-α-aminopyridine [Pyribenzamine, à action contracturante forte; N-diméthylaminoéthyl-N-benzylaniline à action contracturante faible.

III. Substances ne possédant aucune action contracturante propre, exerçant une légère action inhibitrice sur la contraction provoquée par l'ocytocine : N-(β-diméthylamino-β-méthyl)-éthylphénothiazine N-(β-diméthylamino)-éthylphénothiazine en présence de ces substances, la contraction de l'utérus induite par une dose convenable d'ocytocine est plus lente et plus faible; mais, à la longue, ces substances, comme celles des deux autres groupes, sensibilisent l'utérus dont les contractions, pour une même dose d'ocytocine ajoutée seule, deviennent alors plus intenses et moins régulières.

Cette classification est basée sur des expériences utilisant l'utérus de cobaye dans une solution physiologique déterminée; elle n'est pas en contradiction avec les résultats, parfois différents, trouvés par d'autres auteurs, résultats concernant l'action contracturante ou non de certaines des substances en question, observée sur des utérus d'autres espèces et avec d'autres solutions physiologiques (3), (4), (5), (6).

---

(3) R. L. Mayer, *J. of Allergy*, 17, 1946, p. 153.

(4) B. N. Halpern et F. Walthert, *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 402.

(5) D. Bovet et F. Walthert, *Ann. Pharmacol. française*, 2, sup. n° 4, 1944, p. 1.

(6) T. R. Sherrod, E. R. Loew et H. F. Schloemer, *J. of Pharm. exp. Ther.*, 89, 1947, p. 247.

La variation de la concentration en ions Ca^{++}, qui joue un si grand rôle dans la sensibilité de l'utérus à l'ocytocine, ne modifie pas le synergisme de l'ocytocine ni de la N-paraméthoxybenzyl-N-diméthylaminoéthyl-α-aminopyridine.

D'autre part, l'action synergique de cette dernière substance n'existe pas vis-à-vis de l'activité hypotensive de l'ocytocine chez le poulet.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 28 novembre 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Marc Krasner*, Le produit complet et la théorie de la ramification : préliminaires :

Page 1104, 6e ligne, *au lieu de* $\sigma \star y$, *lire* $\sigma . y$.
» » 7e ligne, *au lieu de* $\sigma \star m$, *lire* $\sigma . m$.

(*Comptes rendus* du 14 décembre 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Marc Krasner*, Le produit complet et la théorie de la ramification : extramodules; résumé de l'ancienne théorie :

Page 1289, 12e ligne, *au lieu de* $v^{(\alpha)}_{m^{\alpha}-1}$, *lire* $v^{(\alpha)}_{m^{\alpha}}$.
» » 13e ligne, *au lieu de* $-\operatorname{Log}|\sigma.\alpha| - \alpha|$, *lire* $-\operatorname{Log}|\sigma.\alpha - \alpha|$.
» » 26e ligne, *au lieu de* valuation que, *lire* valuation, que.

(*Comptes rendus* du 9 janvier 1950.)

Note présentée le 2 janvier 1950, de M. *Marc Krasner*, Le produit complet et la théorie de la ramification : résumé de l'ancienne théorie (*fin*); la nouvelle théorie :

Page 164, 17e ligne, *au lieu de* x_{q-1}, *lire* x_{q-2}.
» » 20e ligne, *au lieu de* ϖ, *lire* ω.
» » » *au lieu de* $\alpha > v^{(\alpha)}_{q}$, *lire* $\alpha) > v^{(\alpha)}_{q-1}$.
» » 21e et 23e lignes, *au lieu de* $\overline{}|_{\alpha,q}$, *lire* $\overline{}|_{\alpha,q-1}$.
» » 21e ligne, *au lieu de* $\beta^{(\alpha)}_{q}(\rho(x'_q))$, *lire* $\beta^{(\alpha)}_{q-1}(\rho(x'_q))$.

(*Comptes rendus* du 13 février 1950.)

Note présentée le même jour, de MM. *Albert Demolon*, *Pierre Boischot* et Mme *Edwige Tyszkiewicz*, Sur la diffusion des engrais phosphatés solubles :

Page 597, légende de la figure 3, *au lieu de* 1, sable à 12 % d'humidité, *lire* 1, sable a 6 % d'humidité et *au lieu de* 3, sable à 6 % d'humidité, *lire* 3, sable à 12 % d'humidité.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1950.

Collection de monographies sur la théorie des fonctions. *Leçons de calcul des coefficients d'une série trigonométrique enseignées à l'Université Harvard*, par Arnaud Denjoy. Première partie : *La différentiation seconde mixte et son application aux séries trigonométriques*. Deuxième partie : *Métrique et topologie d'ensembles parfaits et de fonctions*. Troisième partie : *Détermination d'une fonction continue par ses nombres dérivés seconds généralisés extrêmes finis*. Paris, Gauthier-Villars, 1941 ; 3 fasc. 25cm.

Cours de la Faculté des sciences de Toulouse. *Cours de mécanique rationnelle*, par Louis Roy. T. IV. *Problèmes et exercices*, suivis d'un *Appendice sur les fusées*. Paris. Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 25cm.

World population and Worl food supplies, by John Russell. London and Colchester, Ballantyne & Co, s. d.; 1 fasc. 25cm.

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France*. 51. *Coléoptères carabiques* (*Supplément*), par René Jeannel, avec un *Atlas* de 20 planches, par Germaine Boca. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 1 vol. 25cm (présenté par M. L. Fage).

Exposition de l'électricité. Toulouse, 1949; 1 fasc. 27cm.

Arkiv för mineralogi och geologi utgivet av K. Svenska vetenskaps Akademien. Band 1. Häfte 1 : *On the Position of Paleontology and Historical geology in Sweden before* 1800, by Gerhard Regnéll. *Wirkung der Malzamylasen auf niedrigmolekulare Hydrolyseprodukte der Stärke*, von Karl Myrbäck und Esther Sihlbom. Häfte 2. *Unsaturated higher carboxylic acids. The synthesis of* $\Delta^{22:23}$*-tricosenoic*, $\Delta^{22:23}$*-tricosynoic, and* $\Delta^{21:22}$*-tricosynoic acids*, by Einar Stenhagen. Häfte 3. *On the dimeric dithioderivatives of* β*-diketones*, by Arne Fredga, and Arne Brändström. Stockholm, Almsqvist & Wiksells Boktryckeri ab; London, H. K. Lewis & Co Ltd; Paris, Librairie C. Klincksieck, 1949; 4 fasc. 25cm.

Antoine-Laurent Lavoisier F. R. S. 1743-1794. Tirage à part des *Notes and Records of the Royal Society of London*, Vol. 7, no 1, 1949, by Douglas Mc Kie; 1 fasc. 25cm,5.

L'Académie royale des sciences (1666-1793), par PIERRE GAUJA. Extrait de la *Revue d'histoire des sciences*. T. II, 1949. Paris, Presses universitaires de France; 1 fasc. 24cm.

Encyclopédie pratique du naturaliste. XXXIV. *Le microscope. Emploi et applications*, par E. SÉGUY. T. II. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 1 vol. 16cm,5 (présenté par M. R. Heim).

Bulletin des stupéfiants. No 1, 1949. Nations Unies. Département des questions sociales. Lake Success. New York; 1 fasc. 28cm.

Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti. I cinque libri di Piante, par PIETRO ANTONIO MICHIEL. Codice Marciano. Trascrizione e commento di ettore de Toni. Venezia, Per i Tipi di Carlo Ferrari, 1940. XVIII; 1 vol. 35cm.

Biologie générale et principes d'histologie expérimentale, par I. G. KLOPIN. Académie des sciences de l'U.R.S.S., 1946; 1 vol. 27cm (en langue russe).

Vom bau der Erde zum bau der Atome, von LEOPOLD KOBER. Wien, Heinrich Geitner, 1949; 1 vol. 19cm.

Les mouvements d'entraînement et les mouvements composés, par JOSEPH SIVADJIAN. Extrait de la *Revue philosophique*. Paris, Presses universitaires de France, 1950; 1 fasc. 25cm.

La constance de la vitesse de la lumière et ses vérifications, par JOSEPH SIVADJIAN. Extrait des *Archives des Sciences physiques et naturelles*. Vol. 29. Cinquième période. Genève, École de chimie; Paris, H. Le Soudier; Londres, Dulau & Cie; New York. G. E. Stechert & Co, 1947; 1 fasc. 23cm.

Le coefficient d'inertie, (*la masse*) *et le mouvement*, par JOSEPH SIVADJIAN. Extrait des *Archives des Sciences*. Vol. 2. Fasc. 1, 1949; 1 fasc. 23cm.

La génétique soviétique et la science mondiale, par JULIAN HUXLEY. Traduction de JULES CASTIER. Paris, Librairie Stock, 1950; 1 vol. 19cm (présenté par M. M. Caullery).

Traité de zoologie. Anatomie. Systématique. Biologie. T. XV. *Oiseaux*, par J. BENOIT, J. BERLIOZ, F. BOURLIÈRE, PIERRE-PAUL GRASSÉ, E. LETARD, R. MATTHEY, N. MAYAUD, E. OEHMICHEN, J. PASTEELS, J. PIVETEAU, A. PORTMANN, A. ROCHON-DUVIGNEAUD. Paris, Masson, 1950; 1 vol. 25cm.

Croissance des végétaux cultivés, par ALBERT DEMOLON. Quatrième édition. Paris, Dunod, 1950; 1 vol. 25cm.

Encyclopédie biologique. XXXIV. *Faune des vertébrés du Massif central de la France*, par PAUL CANTUEL. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 1 vol. 25cm (présenté par M. L. Fage).

Some vertebrate animals of Ceylon. Vol. 1, by P. E. P. DERANIYAGALA. Colombo, museum, et Oxford, B. H. Bluckivell. 1949; 1 vol. 31cm.

Première conférence internationale des africains de l'Ouest. Extrait des *Comptes rendus*. T. I. *Essai sur la morphologie des côtes du Gabon et du Moyen-Congo*, par PIERRE LEGOUX. Paris, Librairie d'Amérique et d'Orient Adrien Maisonneuve, 1950; 1 fasc. 27cm.

Encyclopédie scientifique. Bibliothèque de biologie générale. *Le parasitisme et la symbiose*, par MAURICE CAULLERY. Deuxième édition. Paris, G. Doin et Cie, 1950; 1 vol. 21cm.

Encyclopédie entomologique. XXV. *Contribution à l'étude des effets optiques sur les ailes des papillons*, par RENÉ CATALA. Paris, Paul Lechevalier. 1949; 1 fasc. 25cm (présenté par M. P.-P. Grassé).

Commission nationale du livre français à l'étranger. *Rapport général et Annexes.* Paris, Imprimerie nationale, 1949; 1 vol. 23cm,5.

Symbolae botanicae Upsalienses VIII : 3. *Der Einfluss von Waldstreuextrakten auf das Wachstum von Bodenpilzen, mit besonderer berücksichtigung der Wurzelpize von Bãumen*, von ELIAS MELIN. Uppsala, A.-B. Lundequistska Bokhandeln, 1946; 1 fasc. 26cm.

Hungarian technical abstracts. Journal of the national office of Inventions. (Publication Nr 1/1949 of the Hungarian centre for Documentation). Budapest, National publishing enterprise for scientific periodicals; 1 fas. 21cm.

Symbiotisme, Parasitisme et maladies infectieuses. Parasites endocellulaires-hémato-spirochètes. Travaux du docteur Eugène Folley, par LOUIS VINCENT. Paris, Librairie Le François, 1950; 1 fasc. 24cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 MARS 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

TOPOLOGIE., — *Les domaines d'approximation régulière dans les espaces cartésiens.* Note de M. **Arnaud Denjoy.**

Dans l'espace cartésien à n dimensions U_n, subdivisé en segments égaux par un réseau régulier, étude de la frontière Φ d'un ensemble de segments. Répartition de Φ en fragments cycliques. Application du théorème sur les espaces biconnexes à la distribution des éléments multiples de Φ. Leur absence dans le cas d'un domaine d'approximation d'un continu plan.

Dans l'espace cartésien U_n à n dimensions ($n \geqq 2$), soit R un réseau divisant U_n en segments réguliers g égaux au segment ($0 \leqq x_i \leqq 1$), ($i = 1, 2, \ldots, n$); a étant un ensemble fermé, $g(a)$ désignera l'ensemble des segments g joints à a. Si A est un sommet de R, $g(A)$ compte 2^n segments g. Si A_{n-q} est une face à $(n-q)$ dimensions de R, $g(A_{n-q})$ est formé de 2^q segments g. Nous considérerons aussi les réseaux R_p déduits de R par subdivision de chaque segment g de R en p^n segments g_p égaux. L'ensemble des g_p joints à a sera noté $g_p(a)$.

Soit G un ensemble formé de segments g, Φ la frontière de G, γ_{n-1} une face de Φ séparant un segment g_1 de G d'un segment g_2 de $\overline{U_n - G}$ (¹).

A étant un sommet de γ_{n-1}, $g(A)$. G forme h domaines (réunion d'une région et de sa frontière). L'un d'eux, soit $G(\gamma_{n-1}, A)$ admet γ_{n-1} dans sa frontière; il contient g_1 Le sommet A de Φ est simple si $h = 1$, multiple d'ordre h si

(¹) Les propositions énoncées ci-après résultent du théorème sur les espaces biconnexes, que j'ai établi, non pas en 1911 comme je l'ai dit dans mes précédentes Notes (p. 693 et 799), mais en 1910 (*Comptes rendus*, 151, 1910, p. 138-140).

$h > 1$; h peut atteindre 2^{n-1} (damier). Chacun des h domaines ($h \geqq 2$) définit en A un sommet *précisé*, A', ..., $A^{(h)}$. Les domaines correspondants seront notés $G(A^{(\lambda)})$, $G(A')$ étant $G(\gamma_{n-1}, A)$. Les faces γ'_{n-1} (à $n-1$ dimensions) ayant A pour sommet et appartenant à la frontière de $G(\gamma_{n-1}, A)$ seront dites *associées* (lien réciproque) à γ_{n-1} et forment un ensemble $\Phi(\gamma_{n-1}, A)$ [possédant la $(n-1).i$-connexité]. Appelons *adhérence* de γ_{n-1} dans φ et notons $\Phi(\gamma_{n-1})$ la réunion (γ_{n-1} incluse) des 2^{n-1} ensembles $\Phi(\gamma_{n-1}, A)$; $\underline{G(\gamma_{n-1}, A)}$ forme un voisinage de $\Phi(\gamma_{n-1}, A)$ et la réunion des $\underline{G(\gamma_{n-1}, A)}$ est une région incluse dans G et formant un voisinage de $\Phi(\gamma_{n-1})$.

Les h domaines $G_p(A^{(\lambda)}) = G(A^{(\lambda)}).[\overline{U_n - g_p(A)}]$ sont disjoints et si $\underline{G(A^{(\lambda)})}$, $\underline{G(A^{(\sigma)})}$ sont dans une même région de $\underline{G}$, il en est de même de $\underline{G_p(A^{(\lambda)})}$, $\underline{G_p(A^{(\sigma)})}$. Au contraire $G'_p(A) = g(A).G + g_p(A)(U_n - G)$ forme un seul domaine, et si deux régions disjointes de $\underline{g(A)}.(U_n - G)$ appartiennent à une même région de $U_n - G$, la même propriété subsistera pour ces régions diminuées de $g_p(A).(U_n - G)$.

Pour $n \geqq 3$, on considère de même chacune des $2^{q-1}C_{n-1}^{q-1}$ faces A_{n-q} à $n-q$ dimensions de γ_{n-1} ($2 \leqq q \leqq n-1$); $g(A_{n-q}).G$ forme h' domaines distincts ($1 \leqq h' \leqq 2^{q-1}$), l'un d'eux $G(\gamma_{n-1}, A_{n-q})$ admettant la face-frontière γ_{n-1} (et contenant g_1); h' est l'ordre de multiplicité de la face A_{n-q} dans Φ. Si $h' > 1$, chacun des h' domaines définit en A_{n-q} une face *précisée* (d'ordre $n-q$) de Φ, soit A'_{n-q}, ..., $A_{n-q}^{(h')}$. Les domaines correspondants formés par $g(A_{n-q}).G$ sont les $G(A_{n-q}^{(\lambda)})$, $G(A'_{n-q})$ étant $G(\gamma_{n-1}, A_{n-q})$. Les ensembles $G_p(A_{n-q}^{(\mu)}) = G(A_{n-q}^{(\mu)}).[\overline{U_n - g_p(A_{n-q})}]$ et $G'_p(A_{n-q}) = g(A_{n-q}).G + g_p(A_{n-q})(U_n - G)$ prêtent aux mêmes observations que pour $q = n$ ($A_0 \equiv A$).

En ajoutant à l'adhérence de $\Phi(\gamma_{n-1})$ celles des faces de $\Phi(\gamma_{n-1})$ différentes de γ_{n-1}, puis en répétant l'opération, on obtient par propagation un *fragment cyclique* Φ_1 de la frontière Φ. Les segments g de G appartenant aux domaines $G(\gamma_{n-1}, A)$ pour toutes les faces γ_{n-1} de Φ_1 et pour tous les sommets A de ces faces forment un domaine inclus dans G et dont l'intérieur constitue un *voisinage de* Φ_1 *dans* R. Si tous les sommets A et toutes les faces A_{n-q} ($2 \leqq q \leqq n-1$) de Φ_1 sont simples dans Φ, les segments g de R joints à Φ_1 et non inclus dans G forment aussi un domaine dont l'intérieur est le second voisinage de Φ_1 dans R.

Φ se compose de fragments cycliques distincts Φ_1, Φ_2, ... en nombre fini si Φ est borné. Deux fragments Φ_i, Φ_j sont disjoints ou se rejoignent par un ou plusieurs éléments multiples de Φ formant un ensemble $\omega_{i,j}$. Soit ω_i l'ensemble des éléments multiples de Φ_i étrangers aux $\omega_{i,j}$. Soit enfin $\omega = \Sigma\omega_i + \Sigma\omega_{i,j}$.

Un ensemble G se décompose en domaines distincts. Tout fragment Φ_i de la frontière Φ de G possède dans R un voisinage inclus dans G et qui est une région. Donc Φ_i appartient en totalité à la frontière d'un domaine D_s constituant de G, d'autres fragments Φ_j pouvant également appartenir à la frontière du même domaine D_s.

Théorèmes. — 1° *Si* G *est un domaine formé de segments du réseau régulier* R, *les fragments cycliques* Φ_i *de la frontière* Φ *de* G *sont disjoints*. Les ensembles $\omega_{i,j}$ sont inexistants.

Supposons l'existence d'un ensemble $\omega_{i,j}$ commun à Φ_i et à Φ_j. Dans la frontière de G_p qui n'a plus d'élément multiple, Φ_i a été remplacé *a priori* par un ou plusieurs fragments cycliques $\Phi_{i,p}$, disjoints et dont chacun possède dans R_p un voisinage extérieur à G_p constituant une région. D'ailleurs s'il y a pour l'indice i plusieurs fragments $\Phi_{i,p}$, ces diverses régions se raccordent en une seule $\rho_{i,p}$ par les ensembles ouverts $g_p(\omega_i)$. D'autre part $\rho_{i,p}$ se raccorde à la région $\rho_{j,p}$ par $g_p(\omega_{i,j})$ commun à toutes deux. Soit $\rho_{i,j,p} = \rho_{i,p} + \rho_{j,p}$.

$\underline{G_p}$ est une région puisqu'il en est ainsi de $\underline{G}$. Donc $\underline{G_p}$ et $\rho_{i,j,p}$ sont deux régions ayant en commun pour frontières à la fois le ou les fragments $\Phi_{i,p}$ et le ou les fragments $\Phi_{j,p}$ disjoints des premiers. Ceci est contraire au théorème sur la biconnexité. Donc les $\omega_{i,j}$ n'existent pas. Les fragments Φ_i sont disjoints.

Ou encore : *si un élément précisé* $A^{(\lambda)}$ ou $A^{(\mu)}_{n-q}$ *appartient à un fragment-cyclique* Φ_i *de la frontière* Φ *du domaine* G, *tous les éléments précisés coincidant géométriquement avec le premier appartiennent au même fragment* Φ_i. En particulier ($n = 2$) :

Si G *est un domaine plan formé de carrés d'un quadrillage* R, *et si un cycle* Φ_i *de la frontière* Φ *de* G *contient un sommet précisé* B′, *le même cycle* Φ_i *contient le second sommet précisé* B″ *coïncidant géométriquement avec* B′.

2° Dans le cas général ($n \geq 2$), l'ensemble ω_i se décompose en uniconnexes majeurs, donc disjoints, $\theta_{i,1}, \theta_{i,2}, \ldots, \theta_{i,r}$ (des points pour $n = 2$). *Si le fragment cyclique frontière* Φ_i *du domaine* G *se partage dans la formation de l'ensemble* $G + g_p(\theta_{i,m})(U_n - G)$ *en au moins deux fragments* $\Phi'_{i,m,p}$, *chacun des* $\theta_{i,q}$ ($q \neq m$) *est intégralement situé sur un seul des fragments* $\Phi'_{i,m,p}$.

Ce cas se présente pour $n = 2$. Si, avec les notations de la dernière note, le cycle Φ_i est $AB'C \ldots A'B''C' \ldots A$, ce cycle se transforme : pour $\overline{G - g_p(B).G}$ en le cycle unique $A a_p B'_p c_p C \ldots A' a'_p B''_p c'_p C' \ldots A$; mais, pour $G + g_p(B).(U_n - G)$, en les deux cycles $\Phi'_{i,1,p}$, $\Phi'_{i,2,p}$ distincts : $A a_p \beta'_p c'_p C' \ldots A$ (le trajet $a_p B' c_p C \ldots A' a'_p B'' c'_p$ de Φ_i étant remplacé par $a_p \beta'_p c'_p$) et $A' a'_p \beta''_p c_p C \ldots A'$ (le trajet $a'_p B'' c'_p C' \ldots A a_p B' c_p$ de Φ_i étant simplifié en $a'_p \beta''_p c_p$. Les trajets $C \ldots A'$ et $C' \ldots A$ sont les mêmes sur les quatre cycles. Ces deux derniers cycles $\Phi'_{i,1,p}$, $\Phi'_{i,2,p}$ étant différents sont disjoints, puisque $G + g_p(B)(U_n - G)$ est un domaine. En conséquence :

Si un même cycle-frontière Φ_i *du domaine plan* G, *formé de carrés d'un quadrillage, contient deux sommets doubles* B *et* I, *les deux sommets précisés* B′, B″ *coïncidant avec* B *n'alternent pas avec les deux sommets précisés* I′, I″ *coïncidant avec* I.

3° Nous appelons suivant l'usage *ensemble d'approximation* dans R d'un ensemble fermé (à distance finie) F l'ensemble G(F) des segments g de R disjoints de F; G(F) se décompose en général en domaines majeurs distincts.

Si dans le réseau régulier R, G *est un domaine d'approximation d'un uniconnexe fermé* (borné) F (un continu) : 1° *la frontière* Φ *de* G *ne se fragmente pas* (pour $n = 2$, elle forme un cycle unique); 2° *aucune frontière d'ensemble* $G + g_p(\theta_m)(U_n - G)$ *ne se fragmente.*

F étant continu, l'ensemble $U_n - G$, qui est ouvert et qui contient un point de F dans tout segment g de R non inclus dans G, $U_n - G$ est uniconnexe. $G = G - \Phi$ est aussi

uniconnexe (G est un domaine). Donc Φ ne comprend pas deux fragments cycliques distincts.

Soit θ_m un uniconnexe majeur appartenant à ω. L'opération $G + g_p(\theta_m).(U_n - G)$ ne fait pas perdre à $U_n - G$ son uniconnexité. Donc la frontière de cet ensemble ne se fragmente pas.

Dans le cas du plan, si le cycle unique Φ formé par la frontière d'un domaine d'approximation du continu F avait un sommet double B, la frontière de $G + g_p(B).(U_2 - G)$ se décomposerait en deux cycles distincts, ce qui est impossible. En conséquence :

Dans le plan, tout domaine d'approximation d'un continu F *dans un quadrillage* R *a pour frontière un polygone simple.*

Toutes ces propriétés sont mises en défaut sur le tore quadrillé, parce que la biconnexité y fait défaut.

Par la considération de réseaux R dans un espace cartésien U_n on peut étudier certains espaces compacts et métriques U admettant des approximations se développant sur des modèles ρ composés de segments g de R. On suppose ρ limité par des pseudo-parallélépipèdes le plus simplement disposés possible, avec des faces parallèles aux plans de coordonnées. On montrera par exemple ceci :

Si E_1 *et* E_2 *sont deux uniconnexes fermés compacts ayant uniquement en commun un doublet d'ordre zéro* (ou deux uniconnexes fermés disjoints), $E_1 + E_2$ *n'est pas biconnexe.*

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur un appareil de fractionnement par électrolyse aqueuse. Applications diverses.* Note (*) de M. **Pierre Jolibois** et Mme **Marthe Domine Bergès.**

Dans deux Notes antérieures ([1]) l'un de nous a examiné dans le détail la variation des concentrations d'un électrolyte au cours de l'électrolyse dans un tube en U. Nous avons appliqué ces résultats à l'établissement d'un appareil simple qui permet au bout d'un temps donné d'électrolyse de recueillir pour les analyser les produits anodiques et cathodiques.

Si l'on prend un tube en U d'environ 15^{cm} de hauteur et de $1^{cm},5$ de diamètre intérieur préalablement rempli d'eau distillée, on peut accumuler les produits de l'électrolyse dans des tubes anodiques et cathodiques d'un diamètre plus petit ($0^{cm},6$ de diamètre intérieur) placés à l'intérieur du précédent et percés latéralement d'un trou de $0^{cm},2$ de diamètre. Il suffit, grâce à un élargissement E, de les faire reposer à la partie supérieure du tube en U comme l'indique la figure 1. Le liquide affleurant à quelques millimètres au-dessus du trou latéral, il est très facile de retirer le tube II sans perdre les produits qui se sont concentrés à sa partie inférieure suivant la zone pointillée PQNM. Cette zone est très bien délimitée grâce à l'adjonction à l'intérieur du tube II d'un autre tube plus petit de $0^{cm},3$ de diamètre intérieur. Ce petit tube contient l'électrode (un fil

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 609 et 654.

de platine de 3/10 de millimètre). Par suite de cette disposition les bulles gazeuses dégagées par l'électrolyse ne viennent pas brasser le liquide et les produits se concentrent bien à la partie inférieure du tube laissant dans l'espace annulaire au-dessus de PQ une couche d'eau pure.

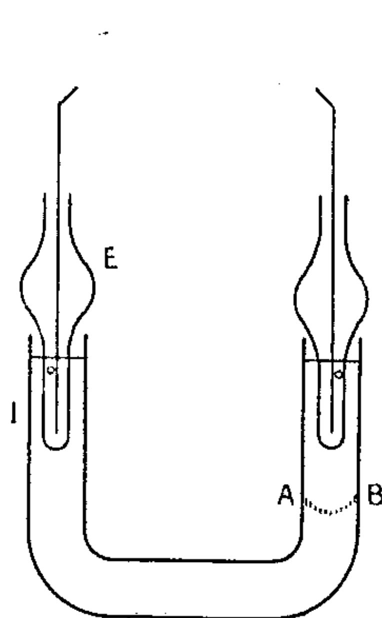


Fig. 1.

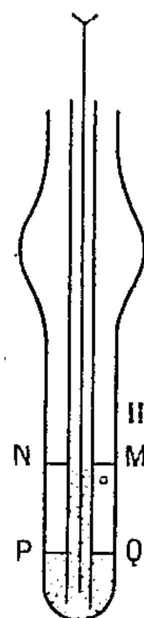


Fig. 2.

Au début de l'expérience on remplit l'ensemble de l'appareil d'eau pure. S'il s'agit d'un produit soluble on l'instille avec une pipette capillaire à la partie inférieure du tube en U; s'il s'agit d'un produit peu soluble on le place en AB dans une petite cupule en papier filtre. Après quoi on coiffe les deux branches du tube en U également remplies d'eau distillée au moyen des petits tubes II destinés à recueillir les produits de l'électrolyse. Lorsque l'expérience est terminée (ce que l'on reconnaît à la diminution de la conductibilité de l'électrolyte du tube en U) on sépare les tubes II et l'on en fait l'analyse separément.

On alimente l'appareil avec du courant redressé à haute tension (pouvant atteindre 4000 V) et l'on y fait passer une intensité de l'ordre de 1 mA seulement, afin d'éviter l'échauffement du liquide.

Si l'on se contente d'opérations portant sur de petites quantités (de l'ordre de 50^{mg}), on peut résoudre au moyen de cet appareil un certain nombre de problèmes de séparations souvent difficiles par les voies classiques et cela sans l'addition d'aucun réactif.

Le mieux est de donner quelques exemples des questions que nous avons traitées.

Séparation de la césine. — On sait combien il est difficile d'obtenir de la césine à partir d'un sel de césium; la méthode indiquée nous a permis d'extraire la césine du sulfate de césium; on la rassemble quantitavement dans le tube cathodique d'où on peut la doser par voie alcalimétrique.

Permanganates et picrates. — Les acides donnant lieu à des anions colorés se prêtent à des expériences frappantes. On constate de cette manière l'existence de la surface de séparation PQ indiquée dans la figure 2. S'il s'agit d'un

picrate très peu soluble, on le dispose sur la cupule AB ; nous avons pu de cette manière régénérer l'acide picrique du picrate de phénantrène; il cristallise dans le tube anodique et le phénantrène régénéré reste dans la cupule AB.

Sels peu solubles. — Certains sels très peu solubles peuvent de cette manière être séparés en leurs constituants. Le sulfate de baryum (200^{mg}) perd de cette manière 15^{mg} par 24 heures et finalement le tube cathodique est rempli en quelques jours de baryte cristallisée. Par contre certains sels particulièrement insolubles comme le fluorure de calcium résistent à cette opération. Le phosphate bicalcique anhydre se sépare quantitativement en chaux et acide phosphorique.

Sels complexes. — Cet appareil permet d'apercevoir la complexité de de certains sels. Le chloroplatinate de potassium se sépare en potasse qui se concentre dans le tube cathodique et en acide chloroplatinique dans le tube anodique.

Une électrolyse ordinaire ne permet pas d'apercevoir ce phénomène qui est masqué par la réduction du sel au pôle négatif sous forme de platine métallique.

Produits industriels. — Les minerais peu solubles comme les phosphates naturels sont souvent décomposés par cette méthode. Le phosphate du Maroc peut être analysé dans cet appareil sans l'addition d'aucun réactif et l'on peut ainsi extraire à froid 98 % de l'acide phosphorique qu'il contient (durée de l'expérience 8 jours).

Le clinker provenant de la fabrication du ciment Portland est placé dans la cupule AB.

Au bout de 15 jours presque toute la chaux est dans le tube cathodique. Une petite quantité de silice est allée dans le tube anodique. La majeure partie de la silice, de l'alumine et de l'oxyde de fer est restée dans la cupule AB. Le liquide du tube contient encore des traces de chaux, d'alumine et d'oxyde de fer.

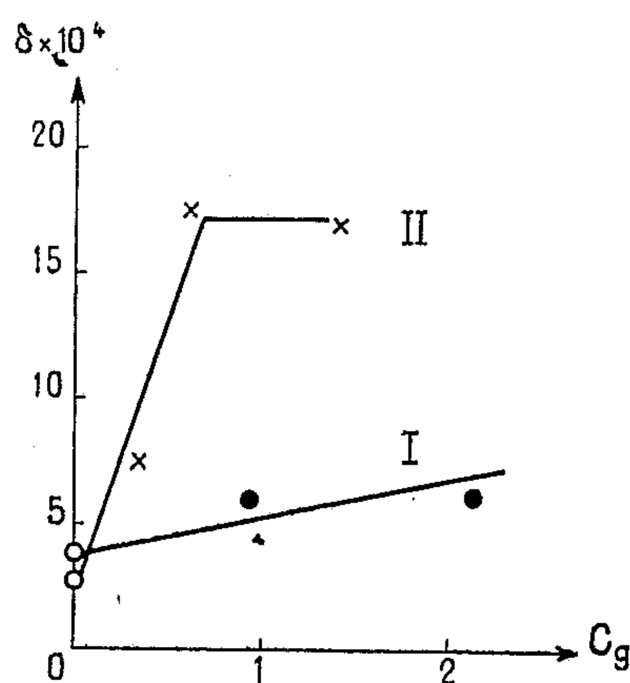
On voit tout le parti que l'on peut tirer de cette analyse pour l'étude de la constitution des silicates et des phosphates. Nous poursuivons d'ailleurs cette étude.

Produits biologiques. — Nous avons placé sur la cupule AB des feuilles de robinier finement pulvérisées après dessiccation dans le vide. Après passage du courant jusqu'à cessation de la conductibilité, le taux de cendres dans les feuilles est passé de 5,25 % à 0,52 %.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de la forme du graphite sur le frottement interne des fontes*. Note (*) de MM. **Albert Portevin, Robert Cabarat** et **Léon Guillet**.

Nous avons étudié, à l'aide de l'appareil Cabarat précédemment décrit ([1]), l'influence de la forme des particules de graphite sur le frottement interne des fontes, caractérisé par le décrément logarithmique δ.

L'éprouvette cylindrique (diamètre 8^{mm}, longueur 100^{mm}) était soumise à des vibrations longitudinales de fréquence comprise entre 10000 et 20000 p/sec et de faible amplitude dans une atmosphère raréfiée ($0^{mm},02$ de mercure) ([2]).



La courbe I de la figure montre, en fonction de la teneur en graphite C_g, comment varie le décrément à 20° C d'une fonte initialement blanche contenant C = 2,30 %, Si = 1,28 %, Mn = 0,48 %, S = 0,13 %, P = 0,11 %, au cours d'un recuit de graphitisation donnant naissance à des particules de graphite de forme nodulaire. La courbe II indique l'influence de la quantité de graphite lamellaire de solidification sur le frottement interne d'une fonte contenant C = 2,41 %, Si = 1,59 %, Mn = 0,36 %, S = 0,10 %, P = 0,08 %, pour des éprouvettes découpées dans des moulages de section croissante.

On voit que le graphite nodulaire modifie peu le décrément alors que le graphite lamellaire l'augmente notablement, les premières particules ayant un effet particulièrement sensible.

Ces résultats sont en accord avec ceux de nombreux essais effectués sur des fontes grises ordinaires de moulage (à graphite lamellaire) et sur des fontes

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 229.

([2]) A titre d'indication, l'appareil Cabarat donne pour le fer Armco $\delta = 5.10^{-4}$ et pour l'acier eutectoïde perlitique $\delta = 3,6.10^{-4}$.

grises traitées par le magnésium (à graphite sphéroïdal) de compositions diverses. A titre d'exemple nous citerons les chiffres suivants :

C total (%).	C_g graphite (%).	Si (%).	Mn (%).	S (%).	P (%).	Ni (%).	Nature de la matrice.	Forme du graphite.	Module élastique E_1 (en kg/mm²).	Décrément logarithmique $\delta.10^4$.
3,15	2,16	1,65	1,12	0,04	0,25	–	perlite et carbure	lamellaire	14 700	21
3,42	2,76	2,09	0,55	0,03	0,19	–	perlite et carbure	lamellaire	12 980	19
3,64	3,20	2,54	0,77	0,02	0,07	0,70	perlite	sphéroïdal	18 250	6,7
3,20	3,00	2,91	0,24	0,01	0,04	0,95	perlite et ferrite	sphéroïdal	17 740	7,6

L'influence de la forme des particules de graphite apparaît prépondérante alors que celle de la nature physico-chimique de la matrice (qui peut être ferritique, ferrito-perlitique ou perlitique) est secondaire. Une remarque analogue peut être faite en ce qui concerne le module d'élasticité dont on a indiqué des valeurs sur le tableau précédent.

BIOLOGIE. — *Sur la signification de la caste des ouvriers chez les Termites.* Note de MM. **Pierre-P. Grassé, Charles Noirot**, Mme **Germaine Clément** et M. **Harro Buchli.**

On admet que dans les sociétés de Termites, il existe trois grandes castes : les sexués reproducteurs, les soldats et les ouvriers. Les deux dernières, ne participant pas à la reproduction, sont considérées comme sexuellement neutres; en outre, les ouvriers manquent chez les Termites dits inférieurs (Mastotermitidæ, Termopsidæ et Calotermitidæ).

Grassé et Noirot (¹) ont montré que chez les Calotermitidæ et les Termopsidæ des larves ou des nymphes régressées se stabilisent et se comportent comme les ouvriers des Termites supérieurs, mais ces *pseudergates* conservent la possibilité de devenir ou des sexués néoténiques, ou des soldats, ou peut-être même des sexués imaginaux.

Voulant préciser les conditions de la production des ouvriers chez les Rhinotermitidæ, nous nous sommes aperçu que chez le Termite lucifuge (*Reticulitermes lucifugus*) il est extrêmement difficile, sinon impossible, de distinguer les larves des prétendus ouvriers. Les larves du quatrième stade sans fourreaux alaires sont déjà des ouvriers par leur anatomie (forme du thorax, mandibules durcies, anopsie totale) et surtout par leur comportement à l'intérieur de la société. Ces ouvriers continuent à croître et subissent des mues (nous avons obtenu des ouvriers du neuvième stade, c'est-à-dire ayant subi huit mues).

Or, il est un premier fait facile à établir, c'est que certains *ouvriers* subissant

(¹) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 219-221.

une mue donnent, non pas un individu semblable à eux-mêmes, mais un soldat-blanc, qui, nourri par les ouvriers, mue à son tour donnant le soldat parfait, forme fixée définitivement. Tous les ouvriers paraissent posséder cette potentialité. Il est désormais certain que chez les Rhinotermitidæ de la sous-famille des Heterotermitinæ, *tous les soldats proviennent d'ouvriers* (²).

La technique des sociétés homogènes (³) nous a permis d'aller bien plus loin dans la mise en évidence des potentialités des ouvriers. Des colonies composées *exclusivement* d'ouvriers âgés, c'est-à-dire ayant atteint le sixième stade, *ont livré des sexués néoténiques fonctionnels, mâles et femelles.*

Ces sexués, qui apparaissent après une mue, ressemblent beaucoup à des ouvriers, mais leurs antennes plus longues, leurs méso- et métathorax élargis avec des angles postérieurs moins arrondis, leur pigmentation jaune, quoique peu marquée, permettent cependant de les reconnaître assez facilement. Ils ne possèdent pas d'ébauches visuelles discernables de l'extérieur.

La transformation d'un ouvrier en sexué néoténique exige un long délais plusieurs mois souvent. Il nous a paru que dans les groupes nombreux, elle s'opère plus vite que dans les groupes ne comptant que quelques dizaines de sujets. Elle intéresse plusieurs individus. Dans un groupe homogène où *extérieurement aucun ouvrier* ne présentait le changement de couleur annonciateur de la sexualisation, certains ouvriers, fixés et débités en coupes, montrèrent des testicules en pleine spermatogenèse.

Des ouvriers des quatrième et cinquième stades provenant d'élevages expérimentaux et appartenant à la première couvée (⁴) ont fourni, par suppression du couple royal, des néoténiques, mais selon un processus particulier : ils subissent une première mue, après laquelle leurs méso et métathorax portent de petits fourreaux alaires, puis ils en effectuent une deuxième d'où ils sortent avec des fourreaux alaires plus longs, des ébauches oculaires, une pigmentation plus foncée, ils sont devenus alors des sexués néoténiques fonctionnels.

A leur sujet, un doute peut s'élever. Dans les sociétés naturelles, l'acquisition des fourreaux alaires se fait à des époques variant non seulement avec l'espèce considérée, mais avec l'âge et la composition de la termitière. On peut alors supposer que les larves prises par nous pour des ouvriers appartiennent en fait à la lignée des sexués; l'acquisition de fourreaux alaires parle assez dans ce sens. Cette transformation en néoténiques présente deux particularités : la première est de comporter deux mues et non une comme dans les autres cas, la

(²) A la réserve près que les sociétés de *Prorhinotermes simplex* composées exclusivement de nymphes à fourreaux alaires sont susceptibles de donner des soldats à partir de ces nymphes (Miller, 1942).

(³) Grassé et Noirot, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 869-871.

(⁴) Nous appelons première couvée, l'ensemble des individus provenant de la première ponte effectuée par la fondatrice, ponte qui est suivie d'une période souvent longue de repos ovarien.

deuxième de provoquer l'apparition de fourreaux alaires, alors que la mue de néoténie généralement raccourcit ou même supprime les fourreaux.

Quoi qu'il en soit, la possibilité de la transformation de l'ouvrier en sexué reproducteur fonctionnel est un fait dûment établi.

Dans les *Schedorhinotermes,* autres Rhinotermitidæ, les ouvriers possèdent aussi cette faculté; mais cela n'exclut pas l'existence possible d'ouvriers stables. Chez les *Coptotermes,* nous n'avons pu réaliser de néoténiques à partir d'ouvriers, alors que ceux-ci se transforment avec la plus grande facilité en soldats.

Les Termitidæ ou termites supérieurs nous ont donné des résultats variés : dans les sous-familles, autres que celle des Macrotermitinæ, on observe typiquement trois stades successifs d'ouvriers, succédant à deux stades larvaires inactifs. Les ouvriers du premier stade sont normalement à l'origine des soldats; mais dans des conditions expérimentales, nous les avons obtenus à partir d'ouvriers du deuxième stade. Dans quelques genres (*Nasutitermes, Mirotermes*), les ouvriers du premier stade peuvent, nous semble-t-il, se transformer en sexués néoténiques aptères. Les ouvriers du troisième stade paraissent incapables d'évoluer et constituent ainsi une caste ou catégorie stable. Dans les *Cubitermes* et genres alliés, il n'existe plus qu'un seul stade d'ouvriers qui conserve la possibilité de donner des soldats.

Chez les Macrotermitinæ, deux sortes d'ouvriers, les grands et les petits, sont toujours présentes dans les termitières. Les grands paraissent définitivement stabilisés. Certains petits ouvriers se transforment en grands soldats, mais la détermination de ceux-ci est probablement antérieure à la mue faisant sortir le petit ouvrier de la larve, il pourrait donc exister deux catégories de petits ouvriers, non séparables anatomiquement, mais douées de potentialités différentes.

Voici notre conclusion :

1. Chez les Calotermitidæ et les Termopsidæ, il n'existe pas un stade ouvrier stable, mais des larves, temporairement stabilisées, les *pseudergates,* leur correspondent physiologiquement et socialement.

2. Chez beaucoup de Rhinotermitidæ, l'ouvrier correspond à *plusieurs stades successifs* et conserve des potentialités évolutives très étendues; toutefois celles-ci, à l'intérieur de certains genres, se montrent limitées dans les stades avancés.

3. Chez les Termitidæ, la tendance de l'ouvrier à se stabiliser s'accentue et atteint son apogée dans les Macrotermitinæ, où au moins le grand ouvrier a perdu toute possibilité de transformation.

Considérés dans leur ensemble, les ouvriers des Termites ne sont nullement des formes stabilisées comme les sexués fonctionnels et les soldats. Ils se caractérisent surtout par leur physiologie et leur comportement. On peut les assi-

miler à des larves qui s'accroissent et vieillissent sans acquérir les caractères imaginaux spécifiques (au moins dans les conditions normales). L'ouvrier subit non un arrêt de développement, mais un arrêt de différenciation.

ENTOMOLOGIE MÉDICALE. — Glossina caliginea *Aust. au Cameroun français.* Note de MM. **Émile Roubaud** et **Jean Rageau**.

Abondance de *Glossina caliginea* dans la Mangrove à palétuviers, au Cameroun français (Douala). Forts besoins thermiques et hygrométriques. Agressivité pour l'Homme. Pouvoir pathogène pour les animaux domestiques : Transmission à Paris de *Trypanosoma vivax* et *Tr. congolense*.

Glossina caliginea, décrite par Austen en 1911, représente, parmi les mouches tsétsés, une espèce rare et localisée, jusqu'ici, à quelques stations peu étendues de l'Afrique occidentale et centrale, dans la grande forêt tropicale. Très peu de choses sont connues sur sa biologie, et l'étude de son pouvoir pathogène effectif, pour l'Homme et les animaux, n'a jamais été entreprise. Signalée au Cameroun français par M. Vaucel (1943) [1], cette intéressante espèce y a été retrouvée en abondance par l'un de nous (J. Rageau), Entomologiste de l'Office de la Recherche Scientifique Outre-mer, détaché au Service d'Hygiène et de Prophylaxie de Yaoundé. Un envoi, par avion, de plus d'une centaine de mouches vivantes a pu parvenir dans d'excellentes conditions à l'Institut Pasteur de Paris, le mois dernier. Il a permis d'effectuer, pour la première fois, dans un laboratoire d'Europe, des recherches expérimentales sur cette espèce, complétant et précisant utilement la documentation également recueillie sur place.

Gl. caliginea se montre très abondante dans la région côtière de Douala. Elle se localise typiquement dans la dense forêt à palétuviers bordant l'estuaire du Wouri et les cours d'eau qui s'y déversent. Les espèces végétales les plus caractéristiques de cette formation typique de mangrove sont les palétuviers : *Avicennia nitida* Jacq. et *Rhizophora racemosa* G. F. W. Mey; les Pandanées : *Pandanus candelabrum* Beauv. On y rencontre aussi l'*Elæis guineensis*, ou palmier à huile, ainsi qu'une Euphorbiacée sarmenteuse : *Alchornea cordifolia* Muell. Arg. qui se retrouve dans les gîtes à *palpalis* du sud Cameroun. L'espèce *caliginea* est d'ailleurs associée, dans ses gîtes de la mangrove, avec une variété très foncée de *Gl. palpalis*, celle-ci, pourtant, infiniment plus rare et de dépistage moins aisé que la première. Le micro-climat des stations-gîtes en question, pour les deux espèces, se caractérise par un degré d'humidité supérieur à 90 % et par une température sensiblement constante de 26-28° C.

Dans les stations observées de *Gl. caliginea* au Cameroun côtier, il y a lieu

---

[1] *Rev. Sc. Med. Afr. Franc. libre*, 2, n° 2, 1943, p. 97-100.

de noter une remarquable dispersion spontanée des différents sexes de la mouche. Sur plus d'une centaine d'individus recueillis, en fin janvier, dans deux gîtes différents (Bonâprizo, M'Busa Esenguié) des environs de Douala, quatre femelles seulement ont été décelées. L'élevage réalisé à Paris, à 25° C et 90-95 % d'humidité moyenne, n'a permis que difficilement d'observer pour la première fois la ponte de cette glossine, après une gestation de plusieurs semaines.

L'agressivité pour l'Homme de *Gl. caliginea* dans ses gîtes côtiers, est très forte; elle se montre même supérieure à celle de la *palvalis*, ce qui permet très vite de détecter sa présence. Elle abonde notamment autour des points d'eau (bains, lieux de pêche) fréquentés par la population noire locale, qu'elle harcèle. Les contacts trophiques étroits qu'elle paraît manifester avec l'Homme, dans de telles stations, méritent de retenir l'attention, bien que son rôle dans la transmission de la Maladie du Sommeil n'ait pas, jusqu'ici, fait l'objet de constatations précises. Par ailleurs, l'étude du pouvoir infectant naturel de cette glossine, effectuée pour la première fois sur place à l'Institut d'Hygiène de Douala, et en même temps à l'Institut Pasteur de Paris, a fait ressortir une proportion, parfois remarquablement élevée (plus de 50 %), de mouches porteuses de trypanosomes, pathogènes pour les animaux domestiques. Une chèvre adulte, piquée à Paris par les glossines expédiées du Cameroun, a contracté une double infection à manifestations alternantes successives, par des flagellés du type de *Tr. vivax* Ziem. et *Tr. congolense* Broden. Les formes évolutives infectantes caractéristiques de ces deux grands agents trypanosomiens, endémiques dans l'Ouest et le centre africain, ont été décelées dans l'organisme des mouches disséquées. Les infections du *Tryp. vivax* semblent l'emporter en fréquence, dans les gîtes des environs de Douala, sur celles à *Tr. congolente*.

La proportion extrêmement élevée de ces infections animales, chez les populations de *Gl. caliginea* en question, signe des rapports trophiques tout spécialement orientés, pour cette faunule de glossines, vers l'exploitation des mammifères sauvages. Du point de vue humain, on peut estimer qu'il s'agit là d'une circonstance déviatrice favorable et qui restreint sensiblement les possibilités de transmission du *Tr. gambiense*. Par contre *Gl. caliginea* représente, au Cameroun, une espèce très dangereuse pour les animaux domestiques. Son rôle économique serait, à ce titre, au moins comparable à celui que les recherches de G. Bouet et E. Roubaud ont mis en évidence pour les *Gl. longipalpis* et *morsitans* (*sub-morsitans*) de l'Ouest africain, si, par bonheur, l'aire de dispersion de cette glossine ne se trouvait infiniment plus circonscrite.

Le haut degré de contamination trypanosomienne des *caliginea* de la mangrove de Douala, la très grande rareté des femelles paraissent montrer que les stations à palétuviers où on les observe, ne représentent pour ces mouches que des centres de dispersion secondaires. Les véritables gîtes de reproduction,

où les mouches s'alimentent et se reproduisent aux dépens des mammifères sauvages, où elles contractent leurs infections trypanosomiennes, doivent se rencontrer dans l'intérieur, plus ou moins éloignés de la région saumâtre littorale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La saccharification de l'aldéhyde formique par des catalyseurs barytiques*. Note (*) de MM. **Raymond Cornubert** et **Claude Renaud**.

Des constatations effectuées au cours d'études sur la saccharification de l'aldéhyde formique par des composés calciques ([1]), nous ont amenés à étendre ce travail à l'action des dérivés barytiques. Chaque essai a fait employer un litre d'une solution d'aldéhyde formique à 2 %.

On constate qu'en utilisant diverses quantités de catalyseurs : 0,1-0,095-0,09 mol/g de carbonate de baryum précipité en présence de 0-0,009-0,018 mol/g de baryte, la réaction dure respectivement 65-15-4 heures, les rendements en sucre étant voisins de 45, 50 et 50 %. Si le catalyseur n'est constitué que par de la baryte, on trouve une valeur limite de la concentration en baryum (entre 9 et 10^g) au-dessous de laquelle toute la baryte passe à l'état de formiate en 5 minutes sans aucune saccharification; au-dessus de cette limite la saccharification se développe également.

Des withérites naturelles ont fourni des résultats très différents. Avec une première withérite nous avons constaté que la durée de réaction variait grandement avec la dimension des grains (R dt — maximum 50 % en 90 heures au moins) tandis qu'une deuxième withérite a réalisé la saccharification en 1 heure et demie quelle que soit la granulation. L'analyse des deux withérites poursuivie par l'un de nous (Cl. R.) sous la direction de M. Malaprade, a permis d'établir que la seconde contenait beaucoup plus de calcium (19,4 % contre 1,6) et moins de baryum (46 % contre 66) que la première, qu'elle renfermait aussi du soufre ainsi que des traces de plomb en plus d'autres éléments communs (Fe, Mn). Nous avons alors essayé de reconstituer progressivement ce catalyseur, mais n'avons pu retrouver ses qualités exceptionnelles (la durée de l'opération n'a pu être abaissée au-dessous de 45 heures au lieu de 1 heure et demie).

En vue de l'établissement du mécanisme de la réaction nous avons tout d'abord vérifié diverses techniques de dosage:

1° Pour celui de l'aldéhyde formique, nous avons adopté la méthode de Schulek au cyanure de potassium; d'après cet auteur le résultat est quantitatif quand l'aldéhyde est seul ou en présence de glucose; ce dosage est effec-

(*) Séance du 27 février 1950.

([1]) R. Cornubert et J. Peyrade, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 600.

tivement quantitatif entre certaines limites quand l'aldéhyde formique est seul.

2° Les sucres inférieurs, aldéhyde glycolique et dihydroxyacétone, réagissent aussi sur le cyanure, mais en partie seulement; or la concentration en sucres inférieurs reste ici très faible.

3° Les hexoses (glucose, galactose, lévulose, sorbose) et l'arabinose, réduisent la liqueur de Fehling à chaud, mais pas à froid, tandis que les sucres en C_2 (aldéhyde glycolique) et C_3 (dihydroxyacétone) les réduisent à froid presque aussi énergiquement qu'à chaud, même aux faibles concentrations et ceci d'une façon sensiblement proportionnelle à la concentration; par contre l'aldéhyde formique ne réduit pas à froid, mais seulement à chaud, ce qui permet de déceler le commencement de la saccharification dans la mesure de la sensibilité de la réaction.

4° Nous avons étendu les travaux de Bougault [2] qui a montré que le glucose et le xylose sont oxydés par l'iode tandis que le lévulose ne l'est pas; nous avons naturellement retrouvé ces résultats et noté que le galactose, l'arabinose et l'aldéhyde glycolique sont immédiatement oxydés tandis que le *l*-sorbose ne l'est pas et que la dihydroxyacétone l'est en une heure.

En fonction de ces observations nous avons tenté d'établir un bilan de l'évolution de la réaction de saccharification en utilisant 0,1 mol/g de carbonate de baryum précipité passant au tamis 200 et refusé au tamis 240 (en agissant sur divers facteurs expérimentaux on assure la reproductibilité d'un essai déterminé). Nous avons alors fait les constatations suivantes :

1° La courbe de transformation de l'aldéhyde formique comporte une éventuelle mais courte période d'induction (AB) suivie d'une branche de disparition sensiblement proportionnelle au temps (BC) et d'une branche CD de consommation beaucoup plus rapide; en C apparaît d'ailleurs un faible pouvoir réducteur à froid vis-à-vis de la liqueur de Fehling. Avec des courbes non superposables les points C se situent sur une horizontale.

2° De A à D le carbonate de baryum disparaît progressivement. Le dosage du baryum dissous et celui de l'acide formique montrent que le métal, entre A et C, n'existe qu'à l'état de formiate, ceci par réaction de dismutation du type Cannizzaro, car un dosage sulfochromique de l'alcool méthylique révèle la correspondance nécessaire entre celui-ci et l'acide formique existant en formiate de baryum; au delà du point C la quantité d'aldéhyde formique consommée par cette réaction de dismutation est bien inférieure à la disparition effective d'aldéhyde à cause de la saccharification qui se développe, et l'on observe que le rendement maximum en sucres est de 49 %.

3° Au delà du point C, du carbonate de baryum continue à disparaître à l'état de formiate, mais la courbe du baryum dissous se relève légèrement; or

---

[2] *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 1008.

l'expérience nous a montré que le lévulose à l'ébullition de sa solution aqueuse en présence de carbonate de baryum, dissout une petite quantité de baryum en se caramélisant et que ce baryum est combiné à un acide.

4° La concentration en sucres inférieurs estimée par le pouvoir réducteur à froid est toujours faible; ces sucres inférieurs se transforment donc rapidement en sucres supérieurs et ceux-ci se caramélisent ensuite plus ou moins profondément. L'oxydation de ces sucres par l'iode n'est achevée qu'au bout d'un certain temps, caractère de sucres du genre de la dihydroxyacétone.

Quelle est la cause du phénomène de saccharification? Pourquoi ne se manifeste-t-il qu'au point C? Le formiate de baryum engendré entre A et C n'est pas un catalyseur de la réaction; nos essais montreraient plutôt l'inverse. De plus la suppression du carbonate de baryum au cours de la saccharification (zone CD), fait cesser l'évolution du système à tous points de vue (concentration en formaldéhyde, pouvoir réducteur à froid). Des expériences se poursuivent pour essayer de dégager la cause du départ du phénomène de saccharification.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Étude du mécanisme de l'action des poussières de glucine sur le poumon des Mammifères.* Note de M. **Albert Policard**.

Dans le poumon du Cobaye, la poussière de glucine se localise en amas dans les bronchioles ou les alvéoles. Elle ne montre aucune action nécrosante sur l'épithélium bronchique, mais provoque à distance une hyperplasie des éléments histiocytaires amenant la formation de granulomes. La glucine disparaît finalement par phagocytose ou par expulsion bronchique.

Chez les ouvriers employés à la fabrication du glucinium par voie électrochimique, l'inhalation de poussières de glucine détermine souvent des pneumopathies graves, quelquefois mortelles, dont le mécanisme est encore fort obscur. En particulier, il n'a pas été possible jusqu'à présent de préciser le comportement exact des particules de glucine dans le poumon.

La présente Note résume les résultats de recherches expérimentales faites dans ce but. Elles concernent la glucine hydratée utilisée industriellement et ont porté sur le Cobaye.

Les particules de glucine étaient en majorité inférieures à $0^{\mu},4$ (pourcentage de taille au microscope électronique : moins de $0^{\mu},2 = 43\,\%$; de 0,2 à $0,4 = 46\,\%$; de 0,4 à $0,6 = 8\,\%$; plus de $0,6 = 3\,\%$).

Elles ont été introduites dans le poumon par injection intra-trachéale ou intra-nasale (sous anesthésie profonde) de suspensions concentrées en solution physiologique. La caractérisation de la glucine dans les coupes a été faite par microincinération et par coloration au Rouge Ponceau, couleur que les particules adsorbent fortement.

Les principaux résultats constatés sont les suivants :

I. Les particules arrivent dans le poumon sous forme agglutinée, en amas

sphériques de 25 à 50^{μ} de diamètre environ, eux-mêmes accumulés en paquets qui peuvent oblitérer les bronchioles ou les canaux alvéolaires et provoquer des troubles (atélectasie) dans les territoires pulmonaires correspondants.

La répartition de ces amas de glucine dans les divers lobes pulmonaires apparaît très irrégulière. Les facteurs qui règlent cette répartition, facteurs probablement multiples, n'ont pu être précisés.

II. Au contact des amas de glucine, l'épithélium cylindrique des bronchioles ne semble pas sensiblement altéré. En aucun point il n'existe de cellules nécrosées. La glucine ne paraît pas avoir d'action nécrosante notable et immédiate sur les éléments épithéliaux de la muqueuse bronchique.

III. Au bout de quelques jours (de 6 à 12 jours environ), dans un rayon approximatif de 500 à 700^{μ} autour des amas de glucine, les cellules de revêtement des alvéoles subissent une hypertrophie et une hyperplasie notable qui conduit à la formation de granulomes d'apparence identique à ceux constatés dans la pneumopathie humaine. En aucun point, on ne constate alors de particules dans les cellules, particules de glucine ou autres. La pullulation des cellules alvéolaires hypertrophiées remplit les cavités alvéolaires qui disparaissent.

IV. Aux environs des amas de glucine, on ne constate aucun processus de congestion, ni aucun exsudat à leucocytes polynucléaires. La réaction cellulaire est de type histiocytaire pur.

V. Au bout de deux semaines environ, les amas de glucine situés dans le parenchyme alvéolaire commencent à être attaqués par les histiocytes alvéolaires voisins. L'amas présente des bords irréguliers, une densité moindre, quelquefois des fissures. Certains histiocytes voisins, très hypertrophiés en général, renferment des boules de 4 à 10^{μ}, aux limites assez floues, prenant le Rouge Ponceau et paraissant bien être faits de la glucine des amas en voie de dissociation.

Ce phénomène d'attaque semble lent. Après trois mois, on rencontre encore des histiocytes à glucine. Les amas de glucine sont alors beaucoup plus rares et très réduits de dimensions.

VI. Les amas intrabronchiques et intrabronchiolaires de glucine sont disloqués suivant un mode différent. Les cellules épithéliales adhérentes à l'amas se détachent du reste du massif épithélial. Entre celui-ci et l'amas s'intercale un liquide (renfermant souvent des leucocytes et du mucus). L'amas intra-bronchique de glucine se détache ainsi de l'épithélium et devient libre dans la lumière de la bronche. Il est vraisemblablement expulsé pendant un accès de toux.

VII. Les nodules granulomateux disparaissent au bout de quelques mois par le jeu de trois mécanismes histologiques :

A. Sclérose, en général peu accentuée;

B. Pénétration dans le granulome de poussées venues des bronchioles voisines et perméabilisation du massif cellulaire par ce procédé;

C. Dégénérescence, sous forme de cellules finement vacuolaires (foam cells), des histiocytes hypertrophiés et libération des cavités alvéolaires qu'ils remplissaient.

Telle est la marche des réactions histologiques provoquées dans le poumon par la glucine. Si le mécanisme essentiel de l'action de ce corps demeure encore obscur, deux faits sont établis. La glucine n'a pas d'action sensible sur les éléments épithéliaux des voies respiratoires. Elle provoque, par contre, à distance et d'une façon relativement lente, une hyperplasie et une hypertrophie des éléments histiocytaires du poumon, ceci sans accompagnement de réactions inflammatoires sensibles comme congestion et polynucléose locales.

Un des mécanismes essentiels de l'action de la glucine sur le poumon paraît être son action excitatrice spécifique sur le système histiocytaire.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de l'Ouvrage : *Éléments de la théorie des probabilités* que je viens de publier dans la *Bibliothèque d'Éducation par la science.*

En attendant l'époque, que j'espère prochaine, où le calcul des probabilités obtiendra dans notre enseignement secondaire la place qui est due à l'importance de ses applications de plus en plus nombreuses, j'espère que ce modeste Livre pourra contribuer à combler cette grave lacune de la culture générale que devrait consacrer le baccalauréat.

M. **Selman A. Waksman** adresse à l'Académie une série de fascicules relatifs à ses travaux de microbiologie.

CORRESPONDANCE.

M. **Hans A. Pallmann**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Philippe Olmer. *La structure des choses.*

2° *Les Prix Nobel en* 1948.

3° Societas scientiarum Islandica. *The eruption of Hekla*, 1947-1948. Edited by *Trausti Einarsson, G. Kjartansson, S. Porarinsson*, IV, 2, 3.

4° Bureau d'études géologiques et minières coloniales. *Carte géologique internationale de l'Afrique au* 1/5000000. Feuille 9.

ALGÈBRE. — *La représentation d'algèbres centrales simples.*
Note (*) de M. **Shimshon Amitsur**, présentée par M. Paul Montel.

Soit M_n un espace vectoriel de dimension n sur un corps K de caractéristique zéro. Soit la correspondance $k \to k'$ une dérivation dans le corps K et C les corps des constantes de cette dérivation.

Jacobson [1] mentionne la possibilité de construire des algèbres centrales simples (spécialement, algèbres de division) à l'aide des anneaux d'automorphismes de transformations différentielles. Nous démontrons :

Théorème 1. — *Chaque algèbre centrale simple (a. c. s.) $\mathfrak{A}$ d'ordre n^2 sur* C *et dont* K *est un corps de décomposition, est isomorphe à l'anneau des automorphismes d'une transformation différentielle (t. d.)* Π *de* M_n.

Et réciproquement que :

Théorème 2. — *Le corps* K *décompose toute algèbre $\mathfrak{A}$ d'ordre n^2 sur* C *qui est isomorphe à l'anneau des automorphismes d'une t. d.* Π *de* M_n.

D'autre part, à l'aide du polynome minimal de l'a. c. s. $\mathfrak{A}$, on peut montrer l'existence d'une extension transcendante K de C qui décompose l'algèbre $\mathfrak{A}$. Lorsque la caractéristique de K est zéro, on peut définir une dérivation dans K dont le corps de constantes est C [2]. Du théorème 1 découle :

Théorème 3. — *Chaque a. c. s. d'ordre fini sur un corps de caractéristique zéro est isomorphe à l'anneau des automorphismes d'une t. d. d'un espace convenable.*

Démonstration de théorème 1. — Soit $K(\tau)$ le corps des séries de puissance de τ avec des coefficients dans K et avec un nombre fini de termes à puissance négative. La correspondance $T : k \to k^T = \sum_{\nu=0}^{\infty} k^{(\nu)} \frac{\tau^\nu}{\nu!} (k \in K)$ est un isomorphisme de K sur C dans le corps $K(\tau)$. Étendons la correspondance T à l'isomorphisme de l'anneau K_n de toutes les matrices P d'ordre n dans l'anneau $K_n(\tau)$ en écrivant

$$P^{(\nu)} = (p_{ij}^{(\nu)}); \qquad P^T = \sum_{\nu=0}^{\infty} P^{(\nu)} \frac{\tau^\nu}{\nu!}.$$

Soit $\mathfrak{A}$ une a. c. s. d'ordre n^2 sur C et possédant K comme corps de décomposition. Il existe une représentation $\mathfrak{A}_0$ de $\mathfrak{A}$ dans l'anneau des matrices K_n car $\mathfrak{A} \times K$ est isomorphe à K_n. L'anneau $\mathfrak{A}_0$ et l'anneau $\mathfrak{A}_0^T$, qui lui est isomorphe, constituent donc deux représentations de l'a. c. s. $\mathfrak{A}$, et sont par suite similaires. Par conséquent il existe une matrice régulière $P(\tau)$ dans l'an-

(*) Séance du 23 janvier 1950.

(1) *Ann. of Math.*, 38, 1937, p. 506.

(2) R. Baer, *Heid. Akad. Wiss. Sitz.* (Mat.), 1927-1928.

neau $K_n(\tau)$ pour laquelle

(1) $$QP(\tau) = P(\tau)Q^T \quad \text{pour tout } Q \in \mathfrak{A}_0.$$

Multipliant la relation (1) par τ^m nous pourrons toujours avoir

$$P(\tau) = \sum_{\nu=0}^{\infty} P_\nu \tau^\nu \quad \text{avec} \quad P_0 \neq 0.$$

Identifiant les termes libres dans (1) nous obtenons $QP_0 = P_0 Q$ pour tout $Q \in \mathfrak{A}_0$. Car l'anneau $\mathfrak{A}_0$ contient n^2 matrices indépendantes sur K. On a

$$P = kE \quad (k \in K;\ k \neq 0).$$

Multipliant les deux membres de (1) par k^{-1} nous pouvons poser $P_0 = E$. En identifiant maintenant les coefficients de τ dans (1), nous obtenons

(2) $$QP_1 = P_1 Q + Q' \quad \text{pour tout } Q \in \mathfrak{A}_0.$$

Réciproquement, la relation (2) entraîne $Q \in \mathfrak{A}_0$. En effet, $\mathfrak{A}_0$ possède n^2 matrices Q_i indépendantes sur K. Nous avons

$$Q = \sum_{i=1}^{n^2} k_i Q_i \quad (k_i \in K)$$

pour chaque $Q \in K_n$. Si Q satisfait (2), nous aurons

$$Q' = \sum k'_i Q_i + \sum k_i Q'_i = QP_1 - P_1 Q = \sum k_i (Q_i P_1 - P_1 Q_i) = \sum k_i Q'_i.$$

D'où

$$\sum_{i=1}^{n^2} k'_i Q_i = 0 \quad \text{et} \quad k'_i = 0.$$

Donc $k_i \in C$, et par conséquent $Q \in \mathfrak{A}_0$.

Il s'ensuit que $\mathfrak{A}$ est isomorphe à l'anneau $\mathfrak{A}_0$ de toutes les matrices satisfaisant (2). L'anneau $\mathfrak{A}_0$ est anti-isomorphe à l'anneau des automorphismes de la t. d. correspondant à la matrice P_1 (3), et l'on peut voir que $\mathfrak{A}_0$ est isomorphe à l'anneau des automorphismes de la t. d. correspondant à la matrice $-P_1^*$, où P_1^* est la matrice transposée de P_1.

Démonstration du théorème 2. — Soit P une matrice correspondant à la t. d. Π. On peut voir que l'anneau des automorphismes de Π est isomorphe (3) à l'anneau $\mathfrak{A}_1$ de toutes les matrices Q telles que : $Q(-P^*) = (-P^*)Q + Q'$. Les n^2 matrices Q_i qui forment la base de $\mathfrak{A}_1$ sur C sont aussi indépendantes sur K. En effet : supposons que $Q_{m+1} = \sum_{i=1}^{m} k_i Q_i (k_i \in K;\ m < n^2)$ où

(3) N. Jacobson, *Ann of Math.*, 38, 1937, § 10, p. 502.

les $Q_1, \ldots, Q_m$ sont indépendantes sur K, d'où

$$Q'_{m+1}=\sum_{i=1}^{m} k'_i Q_i+\sum_{i=1}^{m} k_i Q'_i=\sum_{i=1}^{m} k_i(P^*Q_i-Q_iP^*)=\sum_{i=1}^{m} k_i Q'_i \qquad \text{et} \qquad \sum_{i=1}^{m} k'_i Q_i=0.$$

Donc $k'_i=0$ et $k_i\in C$. Mais les Q_i sont indépendantes sur C. D'où $m=n^2$ et les Q_i sont indépendantes sur K.

Il s'ensuit que $\mathfrak{A}_1\times K$ est isomorphe à l'anneau de toutes les matrices $\sum_{i=1}^{n^2} k_i Q_i (k_i\in K)$. Cet anneau est de l'ordre n^2 et il coïncide donc avec K_n, c'est-à-dire que K est un corps de décomposition de $\mathfrak{A}_1$, et par conséquent $\mathfrak{A}_1$ est une a. c. s.

ANNEAUX NON ASSOCIATIFS. — *Sur certaines propriétés de commutation dans les anneaux monogènes*. Note (*) de M. **Raymond Raffin**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous considérons des anneaux monogènes [1] non associatifs de caractéristique première à 2. Nous mettons en évidence l'existence de conditions plus faibles que la flexibilité [2] pour qu'un anneau monogène soit commutatif [2]. Nous donnons une ordination par inclusion des ensembles d'anneaux [2] $\mathfrak{A}_n$.

Définitions. — Soit $[uv]=uv-vu$ le *commutateur* de u et de v. Si u et v sont des puissances de x, le degré en x de uv est le *degré* du commutateur. Si tous les commutateurs en x sont nuls jusqu'au degré $\delta-1$, le nombre π_δ des commutateurs de degré δ est égal au nombre [3] de puissances de degré δ dans un anneau commutatif, si δ est pair $\pi_{\delta/2}$ commutateurs sont identiquement nuls. Dans la suite, x désigne toujours un élément *arbitraire* d'un anneau $[a]$ de caractéristique première à 2.

Méthode. — L'annulation (o) d'un commutateur, de degré $\delta(\delta>2)$ en x, a comme conséquence une relation (l) [dite *linéarisation* de (o)], δ — fois linéaire, entre δ éléments arbitraires de $[a]$. On a toutes les répercussions de (o) sur les commutateurs de degré n en remplaçant dans (l), de toutes les façons possibles, les éléments arbitraires par des puissances d'un élément *arbitraire* $u\in[a]$, de telle sorte que le degré total en u soit n. Soit p^n_δ le nombre de partitions *complètes* [4] de n en δ parties. Nous obtenons un système (s) de p^n_δ équations

(*) Séance du 27 février 1950.

(1) Dans la Note *Algèbres du troisième degré* du 9 janvier 1950, p. 166, supprimer *$\mathfrak{A}$ est une algèbre monosymétrique*, et remplacer, au théorème 5, *d'ordre fini* par *monogène*.

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 804.

(3) I. M. H. Etherington, *Proceedings of the R. S. of Edinburgh*, 62, 1947-1949, p. 442.

(4) C'est-à-dire correspondant à toutes les puissances éventuellement distinctes.

linéaires, linéairement indépendantes sur $[1]$ si les partitions utilisées correspondent à des puissances de u distinctes. L'indépendance de systèmes (s_1), (s_2), ... est conséquence de celles des relations (o_1), (o_2), ...

Application. — Étant donnée une relation (o), la comparaison des nombres π_n et p_2^n montre que le nombre des commutateurs indépendants de degré n, croît avec n, aussi nous bornons-nous ici à des résultats simples sur les commutateurs de faible degré. Nous indiquons des contre-exemples.

THÉORÈME 1. — *Si $xx^2 = x^3$ on a aussi $xx^3 = x^4$, les commutateurs de degré 5 sont proportionnels à $V = [x^4 x]$, les commutateurs de degré 6 s'expriment (linéairement) au moyen de $[x^5 x]$ et de $[Vx]$ (les coefficients étant de la forme $\pm 2^n$).*

Montrons que la condition sur la caractéristique est nécessaire.

Exemple 1. — Dans l'algèbre sur $[1]/(2)$ de base : e (élément unité), a, a^2, a^3 avec $aa^3 = a^2 a^2 = a^2 a^3 = a^3 a^2 = a^3 a^3 = e$, $a^3 a = 0$, on a $xx^2 = x^3$, car $x^2 = \lambda e + \mu a^2$, cependant $aa^3 \neq a^4$.

L'exemple suivant montre que si $xx^2 = x^3$ l'anneau n'est pas forcément à puissances principales uniques (même si la caractéristique est première à 2).

Exemple 2. — Dans l'algèbre de base a, a^2, a^3, a^4 sur un anneau $\mathcal{B}$ associatif commutatif avec élément unité et de caractéristique première à 2 avec $aa^4 = -a^4 a = a^4$, $a^2 a^2 = -4a^4$, $a^2 a^3 = -a^3 a^2 = 2a^4$ (les autres produits étant nuls), on a $xx^2 = x^3$. Cependant $aa^4 \neq a^5$.

THÉORÈME 2. — *Si $xx^2 = x^3$ et $xx^4 = x^5$, 1° les commutateurs de degré < 7 sont nuls sauf $[x^4 x^2] = [x(x^3 x^2)] = 2W$; 2° les commutateurs de degré 7 s'expriment au moyen de 4 d'entre eux et de $[Wx]$. Si de plus la caractéristique est première à 6, les commutateurs de degré < 7 sont nuls et les commutateurs de degré 7 s'expriment au moyen de 2 d'entre eux (par exemple $[x^6 x]$ et $[x^4 x^3]$). Dans tous les cas les coefficients sont $\pm 2^n$.*

Exemple 3. — Soit l'algèbre, sur $\mathcal{B}$, de base a, a^2, a^3, a^4, $a^2 a^2$, a^5, $a^3 a^2$, $a^4 a^2$ avec

$$a(a^2 a^2) = (a^2 a^2)a = -2a^3 a^2, \quad a(a^3 a^2) = (a^3 a^2)a = a^4 a^2,$$
$$a^2 a^3 = a^3 a^2, \quad a^2 a^4 = a^4 a^2, \quad (a^3)^2 = -2a^4 a^2,$$
$$a^4 a^3 = (a^4 a^2)a = a^5, \quad (a^2 a^2)a^3 = -4a^5, \quad (a^3 a^2)a^2 = 2a^5;$$

tous les autres produits étant nuls, on a

$$xx^2 = x^3, \quad xx^4 = x^5, \quad xx^5 = x^6 = 0, \quad \text{d'où} \quad xx^n = x^{n+1} = 0.$$

Cependant $a^3 a^4 \neq a^4 a^3$.

Les exemples 2 et 3 et les résultats sur les anneaux flexibles montrent que pour les anneaux monogènes (on peut se borner à une caractéristique première à 2 ou même nulle), on a

$$\{\mathfrak{A}\} \supset \{\mathfrak{A}_1\} \supset \{\mathfrak{A}_2\} \supset \{A_3\} \supseteq \{\mathfrak{A}_4\} \supseteq \{\mathfrak{A}_5\} \supset \{\mathfrak{A}_6\}.$$

De plus si la caractéristique est première à 2, on a $\{\mathfrak{A}_4\} = \{\mathfrak{A}'_5\}$.

THÉORÈME 3. — *Si tous les commutateurs de degré* < 8 *sont nuls, les commutateurs de degré* 8 *s'expriment au moyen de* 7 *d'entre eux. Si de plus la caractéristique est première à* 6, *il suffit de* 3 *commutateurs pour exprimer tous les autres. Si enfin la caractéristique est première à* 30, *ils sont tous proportionnels à l'un d'eux, par exemple à* $[x^5 x^3]$. *Dans tous les cas les coefficients sont* $\pm 2^n$.

COROLLAIRE. — *Si* $[x^{2n}x] = [x^k x^3] = 0$ $(n = 1, 2, 3;\ k = 4, 5)$ *et si la caractéristique est première à* 30, *tous les commutateurs de degré* < 9 *sont nuls.*

ALGÈBRE DES ENSEMBLES. — *Applications multiformes et relations d'équivalences.* Note de Mme **MARIE-LOUISE DUBREIL-JACOTIN**, présentée par M. Henri Villat.

Définition. — Étant donnés deux ensembles E et E′, une application multiforme f de E sur E′, et deux équivalences $\mathcal{R}$ et $\mathcal{R}'$ définies respectivement dans E et dans E′, nous dirons que $\mathcal{R}'$ *est f-compatible avec* $\mathcal{R}$ *si et seulement si :*

I. $x\mathcal{R}y$ *entraîne* $x'\mathcal{R}'y'$ *pour tout* $x' \in f(x)$ *et tout* $y' \in f(y)$ (1) et que $\mathcal{R}'$ *est f-équivalente à* $\mathcal{R}$ *si* $\mathcal{R}$ *est de plus* f^{-1}*-compatible avec* $\mathcal{R}'$.

Exemple. — $\mathcal{T}$ (ou $\mathcal{T}'$) étant la relation qui exprime que deux points de E (ou de E′) appartiennent à une même image inverse, $\mathcal{C}$, (ou $\mathcal{C}'$) la fermeture transitive de $\mathcal{T}$ (ou $\mathcal{T}'$), $\mathcal{C}'$ *est f-compatible avec* $\mathcal{C}$ (2). En effet $a\mathcal{C}b \rightleftharpoons a$ et $b \in \sigma$, donc $f(a)$ et $f(b) \subseteq f(\sigma) = \sigma'$, d'où, pour tout $a' \in f(a)$ et tout $b' \in f(b)$, $a'\mathcal{C}'b'$. De même, $\mathcal{C}$ est f^{-1}-compatible avec $\mathcal{C}'$, donc $\mathcal{C}$ *et* $\mathcal{C}'$ *sont f-équivalentes.*

Propriété. — Si $\mathcal{R}'$ est f-compatible avec $\mathcal{R}$, la relation $x\mathcal{R}x$ entraîne $\mathcal{T}' \subseteq \mathcal{R}'$ et comme $\mathcal{C}'$ est la plus petite équivalence contenant $\mathcal{T}'$: *pour que* $\mathcal{R}'$ *soit f-compatible avec* $\mathcal{R}$, *il est nécessaire que* $\mathcal{C}' \subseteq \mathcal{R}'$.

Remarques : 1° Si f est uniforme, $\mathcal{C}'$ est l'égalité, la condition $\mathcal{C}' \subseteq \mathcal{R}'$ est trivialement satisfaite.

2° Si $\mathcal{R}'$ est f-compatible avec $\mathcal{R}$, toute équivalence $\rho' \supseteq \mathcal{R}'$ est f-compatible avec $\mathcal{R}$, et $\mathcal{R}'$ est f-compatible avec toute équivalence $\rho \subseteq \mathcal{R}$.

3° L'intersection d'une famille d'équivalences f-compatibles avec $\mathcal{R}$ est une équivalence f-compatible avec $\mathcal{R}$. Il y a donc une telle équivalence, $\mathcal{R}'_1$, plus petite que toutes les autres. Nous allons la déterminer. Examinons d'abord le *cas particulier où* $\mathcal{R}$ *est l'égalité dans* E : *la condition nécessaire* $\mathcal{R}' \supseteq \mathcal{C}'$ *est alors visiblement suffisante.* On a donc $\mathcal{R}'_1 = \mathcal{C}'$. Ce cas montre, d'autre part, que la condition $\mathcal{C} \subseteq \mathcal{R}$ n'est nullement nécessaire.

Cas général. — Nous nous ramenons au cas particulier précédent en intro-

---

(1) Si f est uniforme nous retrouvons la propriété *f-compatible avec* $\mathcal{R}$ *et* $\mathcal{R}'$ considérée par N. Bourbaki (*Act. Sc. et Ind.*, 846, p. 31).

(2) Pour les propriétés de $\mathcal{C}$ et $\mathcal{C}'$ *voir* une Note précédente (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 806).

duisant l'ensemble quotient $E^* = E/\mathcal{R}$ et l'application multiforme f^* de E^* sur E' définie par : $f^*(b^*) = \bigcup_{b \in b^*} f(b)$ $(b^* \in E^*)$.

La propriété (I) est équivalente à (II) :

II. $a \mathcal{R} b \to c' \mathcal{R}' d'$ pour tous les c' & $d' \in f(r^*)$ où $r^* \in E^*$, $r^* \ni a$ & b.

Évidemment (II) $\to$ (I). Inversement soient c' et d' donnés dans $f(r^*)$. $\exists c_1 \in r^*$ et $d_1 \in r^*$ tels que $c' \in f(c_1)$, $d' \in f(d_1)$; or c_1 & $d_1 \in r^* \rightleftharpoons c_1 \mathcal{R} d_1$ et $c_1 \mathcal{R} d_1 \to c'_1 \mathcal{R}' d'_1$ pour tout $c'_1 \in f(c_1)$ et tout $d'_1 \in f(d_1)$. On a donc : *$\mathcal{R}'$ est f-compatible avec $\mathcal{R}$ si et seulement si $\mathcal{R}'$ est f^*-compatible avec l'égalité dans* E^*, condition qui s'exprime aussi :

III. *Les images par f des classes modulo $\mathcal{R}$ sont toutes incluses dans les classes modulo $\mathcal{R}'$.* Et : *la plus petite équivalence $\mathcal{R}'_1$ f-compatible avec $\mathcal{R}$ est $\mathcal{C}^{*\prime}$*, $\mathcal{C}^{*\prime}$ étant l'équivalence fondamentale $\mathcal{C}'$, correspondant à l'application f^* de E^* sur E.

On peut présenter cette condition sous une autre forme. Faisons d'abord la *remarque suivante : si $\mathcal{R}'$ est f-compatible avec $\mathcal{R}_1$ et avec $\mathcal{R}_2$, $\mathcal{R}'$ est aussi f-compatible avec le produit transitif $\mathcal{R}_1 \times \mathcal{R}_2$*. En effet,

$$a(\mathcal{R}_1 \times \mathcal{R}_2) b \rightleftharpoons \exists x_1, \ldots, x_n \quad \text{tels que} \quad a \mathcal{R}_1 x_1,\ x_1 \mathcal{R}_2 x_2,\ \ldots,\ x_n \mathcal{R}_2 b.$$

Mais $a \mathcal{R}_1 x_1 \to a' \mathcal{R}' x'_1$ pour tout $a' \in f(a)$ et tout $x'_1 \in f(x_1)$, $x_1 \mathcal{R}_2 x_2 \to x'_1 \mathcal{R}' x'_2$ pour tout $x'_1 \in f(x_1)$ et tout $x'_2 \in f(x_2)$, d'où $a' \mathcal{R}' x'_2$ en prenant le même x'_1 dans $f(x_1)$, et finalement $a' \mathcal{R}' b'$.

Par suite, d'après la remarque 2°, *les équivalences $\mathcal{R}'$ f-compatibles avec $\mathcal{R}$ et les équivalences $\mathcal{R}'$ f-compatibles avec $\mathcal{R} \times \mathcal{C}$ sont les mêmes* et l'on peut, sans restreindre la généralité, chercher une condition nécessaire et suffisante pour qu'une équivalence $\mathcal{R}'$ soit f-compatible avec une équivalence $\mathcal{R} \supseteq \mathcal{C}$.

Mais alors les classes modulo $\mathcal{R}$ sont des ensembles stables S, réunions de σ. Leurs images par f sont des ensembles stables S' réunions des $\sigma' = f(\sigma)$ correspondants. Ils sont donc disjoints et forment une partition de E'. Soit $\mathcal{R}'_1$ l'équivalence correspondante. C'est, d'après (III), la plus petite équivalence f-compatible avec $\mathcal{R}$. On peut en donner plusieurs définitions résultant de sa construction :

$$a' \mathcal{R}'_1 b' \rightleftharpoons a' \;\&\; b' \in f(r^*) \rightleftharpoons \sigma'_\alpha \;\&\; \sigma'_\beta \subseteq f(r^*) \rightleftharpoons f^{-1}(\sigma'_\alpha) \;\&\; f^{-1}(\sigma'_\beta) \subseteq r^* \quad (r^* \in E^*),$$

σ'_α (ou σ'_β) étant le σ' contenant a' (ou b'), d'où $a' \mathcal{R}'_1 b' \rightleftharpoons a \mathcal{R} b$ pour tout $a \in \sigma_\alpha = f^{-1}(\sigma'_\alpha)$ et tout $b \in \sigma_\beta = f^{-1}(\sigma'_\beta)$. Mais comme $\mathcal{R} \supseteq \mathcal{C} \supseteq \mathcal{T}$, on a les deux définitions équivalentes de $\mathcal{R}'_1$:

I. $a' \mathcal{R}'_1 b' \rightleftharpoons a \mathcal{R} b$ pour *tout* $a \in f^{-1}(a')$ et *tout* $b \in f^{-1}(b')$.

II. $a' \mathcal{R}'_1 b' \rightleftharpoons \exists$ *un* $a \in f^{-1}(a')$ et *un* $b \in f^{-1}(b')$ tels que $a \mathcal{R} b$.

Exemple. — Considérons l'ensemble E (ou E') des idéaux de l'anneau $A = k[x_1, \ldots, x_n]$ (ou $A' = k[x_1, \ldots, x_n, y]$), l'équivalence $\mathcal{R} : \mathfrak{a} \equiv \mathfrak{b} \rightleftharpoons \text{rad.}\, \mathfrak{a} = \text{rad.}\, \mathfrak{b}$

(ou $\mathcal{R}'$: $\mathfrak{a}' \equiv \mathfrak{b}' \rightleftharpoons$ rad. $\mathfrak{a}' =$ rad. $\mathfrak{b}'$) et l'application f de E sur

$$E' : \ f(\mathfrak{m}) = \{ \mathfrak{m}' : \mathfrak{m}' \cap A = \mathfrak{m}A' \cap A \}.$$

$\mathcal{R}'$ n'est pas f-compatible avec $\mathcal{R}$ car on n'a pas la condition nécessaire $\mathcal{C}' \subseteq \mathcal{R}'$ [3] [en effet on n'a pas $(x)\ \mathcal{R}'(x, y)$ tandis que $(x)\ \mathcal{C}'(x, y)$]. $\mathcal{R}$ est au contraire f^{-1} compatible avec $\mathcal{R}'$ [car f^{-1} est uniforme et rad. $(\mathfrak{a}' \cap A) = (\text{rad. } \mathfrak{a}') \cap A$].

THÉORIE DES GROUPES. — *Imprimitivité pour les représentations des groupes localement compacts.* III : *Produits de Kronecker et nombres d'entrelacement forts.* Note de M. **George W. Mackey**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous conservons les notations de notre Note précédente [1]. Nous dirons qu'un opérateur d'entrelacement T de U et V est un *opérateur d'entrelacement fort* si l'opérateur TT^* est de trace finie. Ces opérateurs forment un espace vectoriel, dont la dimension sera appelée le *nombre d'entrelacement fort* $J(U, V)$ de U et V. Évidemment $J(U, V)$ est égal à la multiplicité de la représentation identique considérée comme facteur direct discret du produit de Kronecker $U \otimes V$ de U et V. Soit $\mathcal{H}$ l'espace de Hilbert de U, et soit $\mathcal{H}_f$ le plus petit sous-espace fermé de $\mathcal{H}$ qui contient tous les sous-espaces de dimension finie invariants par U. Nous noterons $\tilde{U}$ la représentation induite dans H_f par U. On voit facilement que $J(U, V) = I(\tilde{U}, \tilde{V})$.

2. Soient G_1 et G_2 des sous-groupes fermés du groupe localement compact séparable G. Soient L et M des représentations unitaires de G_1 et G_2. Pour $x, y \in G$, soit $N^{(x,y)}$ le produit de Kronecker des représentations $s \to L_{xsx^{-1}}$ et $s \to M_{ysy^{-1}}$ du sous-groupe $x^{-1}G_1x \cap y^{-1}G_2y$ de G. Pour L et M donnés la représentation imprimitive de G engendrée par $N^{(x,y)}$ dépend seulement de la classe bilatère $D = D(x, y) = G_1xy^{-1}G_2$ à laquelle appartient xy^{-1}. S'il n'existe qu'un ensemble dénombrable de classes bilatères nous dirons que les sous-groupes G_1 et G_2 sont en rapport discret. On peut démontrer :

Théorème 1. — *Si G_1 et G_2 sont en rapport discret, alors le produit de Kronecker $U^L \otimes U^M$ est la somme directe des représentations imprimitives $U^{N^{(x,y)}}$ associées aux diverses classes $D(x, y)$ qui ne sont pas de mesure nulle.*

Le théorème 1 est prouvé au moyen du théorème suivant qui a un certain intérêt en lui-même :

Théorème 2. — *Pour $y \in G$ la représentation imprimitive V^y de G_2 engendrée par la représentation $a \to L_{ysy^{-1}}$ du sous-groupe $G_2 \cap y^{-1}G_1y$ de G_2 dépend*

---

[3] Pour la définition de $\mathcal{C}'$ *voir* Note 1, ex. 2. En ce qui concerne l'ex. 1 on ne peut trouver aucune équivalence $\mathcal{R}'$ autre que l'équivalence absolue f-compatible avec une équivalence $\mathcal{R}$.

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 808.

uniquement de la classe bilatère $G_1 y G_2$ *à laquelle appartient* y. *Si* G_1 *et* G_2 *sont en rapport discret alors la représentation imprimitive* U^L *de* G *restreinte à* G_2 *est la somme directe des* V^y *associées aux diverses classes* $G_1 y G_2$ *qui ne sont pas de mesure nulle.*

3. Soit $\mathfrak{S}''$ l'ensemble des classes bilatères $G_1 x y^{-1} G_2$ pour lesquelles l'espace homogène $G/(x^{-1} G_1 x) \cap (y^{-1} G_2 y)$ possède une mesure invariante finie. Pour $D \in \mathfrak{S}''$ on définit J(L, M, D) de façon analogue à I(L, M, D). Nous noterons $m(D)$ la mesure de Haar de D. Alors on peut déduire du théorème 1 :

Théorème 3. — *Si* G_1 *et* G_2 *sont en rapport discret, on a*

$$J(U^L, U^M) = \sum_{\substack{D \in \mathfrak{S}'' \\ m(D) \neq 0}} J(L, M, D).$$

De ceci on déduit :

Théorème 4. — *Soit* M *une représentation unitaire irréductible du sous-groupe fermé* G_0 *de* G. *Soit* L *une représentation unitaire irréductible de dimension finie de* G. *Si l'espace homogène* G/G_0 *possède une mesure invariante finie, la multiplicité de la représentation* L *considérée comme facteur direct discret de* U^M *est égale à la multiplicité de* M *considérée comme facteur de la représentation* L *restreinte à* G_0. *Si* G/G_0 *ne possède pas une mesure invariante finie, alors* U^M *ne contient pas de composante directe discrète de dimension finie.*

Le théorème 4 pour les groupes compacts non nécessairement séparables a été démontré par Weil ([2]).

4. Soit r l'application de G sur $\mathfrak{S}$ pour laquelle $r(y) = G_1 y G_2$. Nous appellerons négligeable chaque sous-ensemble E de $\mathfrak{S}$ pour lequel $r^{-1}(E)$ est de mesure nulle pour la mesure de Haar sur G. Nous dirons que G_1 et G_2 sont en rapport régulier s'il existe une suite $E_1, E_2, \ldots$ de sous-ensembles de $\mathfrak{S}$ de telle sorte que $r^{-1}(E_n)$ soit mesurable pour chaque n et que pour chaque D n'appartenant pas à un certain ensemble négligeable, on ait $D = \bigcap_{D \in E_k} E_k$. On peut démontrer les généralisations des théorèmes 1, 2, 3 en supposant seulement que les groupes G_1 et G_2 sont en rapport régulier. Les théorèmes 1 et 2 généralisés s'énoncent en y remplaçant les sommes directes discrètes par des sommes continues relatives à une mesure μ sur l'espace $\mathfrak{S}$ pour laquelle les ensembles négligeables au sens précédent sont précisément ceux de mesure nulle pour μ. Le théorème 3 généralisé s'énonce comme suit :

Théorème 3'. — *Supposons que* G_1 *et* G_2 *soient en rapport régulier. Soient* D_1, D_2, etc., *les éléments de* $\mathfrak{S}''$ *qui ne sont pas négligeables. Soit* A *l'ensemble de tous les éléments* D *de* $\mathfrak{S}''$ *pour lesquels* $J(L, M, D) = m(D) = 0$. *Alors si* $\mathfrak{S}'' - A$ *est négligeable, on a* $J(U^L, U^M) = \sum_k J(L, M, D_k)$. *Si* $\mathfrak{S}'' - A$ *n'est pas négligeable, on a* $J(U^L, U^M) = \infty$.

([2]) *L'intégration dans les groupes topologiques*, Paris, p. 83.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur certains sous-groupes de rang un des groupes de Lie clos.* Note (*) de M. **Jean de Siebenthal**, présentée par M. Gaston Julia.

1. *Sous-groupes simples de rang un en général.* — Soient G un groupe de Lie clos semi-simple ([1]) de rang l, g un sous-groupe simple de rang un de G, t un sous-groupe connexe à une dimension de g, et T^l un sous-groupe commutatif maximum de G contenant t; le diagramme R^l de G ([2]) est le recouvrement universel de T^l, muni de l'ensemble des $(l-1)$ — plans $\alpha_i(x) = c$ entier $(x \in R^l)$, qui recouvre l'ensemble des éléments de T^l dont le normalisateur dans G a une dimension supérieure à l; les formes linéaires $\pm\alpha_i(x)$ sont les paramètres angulaires de G. Il existe une demi-droite d issue de l'origine dans R^l, qui appartient au recouvrement de t; d représente g dans le diagramme R^l, et appartient à une région $\varphi_i \geqq 0$ $(i = 1, 2, \ldots, l)$ dite angle polyèdre fondamental P(G), qui n'est traversée par aucun plan $\alpha_i = 0$; $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_l$ sont l paramètres angulaires fondamentaux de G, avec

$$\vec{\varphi}_i \cdot \vec{\varphi}_j \leqq (i \neq j).$$

Le problème envisagé est : *Déterminer les sous-groupes simples de rang un de* G, sous la forme : *Déterminer les demi-droites d de l'angle polyèdre fondamental* P(G) *qui représentent un sous-groupe g simple de rang un de* G.

Soit ρ le paramètre angulaire de g; il existe p paramètres angulaires positifs $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_p$ de G qui se réduisent à ρ sur d; soient encore $\pm\psi_1$, $\pm\psi_2, \ldots, \Psi_r$ les paramètres angulaires du centralisateur de t dans G; ce sont les $2r$ paramètres angulaires de G qui s'annulent sur d.

2. *Réduction du problème. Sous-groupe principal.* — Les sous-groupes de rang maximum l étant connus ([3]), il suffit de déterminer les sous-groupes g simples de rang 1 qui ne sont pas contenus dans un sous-groupe propre de rang maximum l de G. Les sous-groupes de ce type ont diverses propriétés : le centre de g est contenu dans celui de G; si α est un paramètre angulaire de G qui n'appartient pas à l'une des suites $\pm\mu_i$, $\pm\psi_j$, on a $|\alpha(x)| > \rho(x)|$, $x \in d$; enfin, d est une diagonale de P(G) : $\varphi_{i_1} = \varphi_{i_2} = \ldots = \varphi_{i_K} = \rho$; $\varphi_j = 0$, $j \notin (i_1, i_2, \ldots, i_K)$. Quelles sont les diagonales de P(G) qui représentent un sous-groupe g du type désiré? J'ai résolu ce problème, et distingué deux catégories de

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) La présence d'un centre continu ne modifierait pas les raisonnements.

([2]) E. Stiefel, *Comment. Math. Helv.*, 14, 1942, p. 350-380; *voir* aussi H. Hopf, *Comment. Math. Helv.*, 15, 1942, p. 59-70.

([3]) A. Borel et J. de Siebenthal, *Comment. Math. Helv.*, 23, 1949, p. 200-221.

sous-groupes g; a, les sous-groupes principaux et b, les sous-groupes exceptionnels ([4]).

THÉORÈME. — *La diagonale principale* $\varphi_1 = \varphi_2 = \ldots = \varphi_l$ *d'un groupe de Lie clos semi-simple* G *représente toujours un sous-groupe* g *simple de rang* 1 *non contenu dans un sous-groupe de rang maximum de* G.

Un tel sous-groupe sera dit principal. La démonstration s'effectue directement en cherchant trois vecteurs $h \subset d$, ε_1, ε_2 de l'anneau de Lie R(G), engendrant un sous-anneau simple de dimension 3; en passant à l'anneau de Lie complexe $\mathcal{R}(G)$ mis sous la forme canonique de H. Weyl ([5]), l'on obtient un système qui est toujours résoluble dans le sens voulu, en vertu d'un lemme de Stieltjes ([6]) sur l'inverse de la matrice $(\vec{\varphi}_i, \vec{\varphi}_j)$, où $\vec{\varphi}_i, \vec{\varphi}_j \leqq 0 (i \neq j)$. Le sous-anneau $\{h, \varepsilon_1, \varepsilon_2\}$ engendre dans G un sous-groupe fermé de dimension 3.

3. *Sur les sous-groupes principaux.* — *a. Deux sous-groupes principaux dans* G *sont conjugués dans* G. — Cette proposition peut être démontrée directement, mais il vaut mieux faire appel à un théorème général de A. Malcev ([7]), valable pour l'anneau complexe $\mathcal{R}(G)$, adapté au sous-anneau clos R(G) par A. Borel ([8]). Il est possible de parler maintenant *du* sous-groupe principal de G.

b. Groupes G *simples : sous-groupes qui contiennent un sous-groupe principal dans* G. — Soient G le groupe clos, g le sous-groupe principal, et G_1 un sous-groupe propre de G contenant g. Les inclusions ainsi obtenues sont $B_{l/2} \subset A_l$ (l pair); $C_{l+1/2} \subset A_l$(l impair), $B_{l-1} \subset D_l$; $F_4 \subset E_6$; $G_2 \subset B_3$; dans tous ces cas, sauf dans le dernier G_1 est caractéristique d'un automorphisme externe involutif de G ([9]). D'ailleurs, les sous-groupes caractéristiques d'automorphismes externes involutifs ne contiennent parfois aucun sous-groupe principal dans G, comme le montrent les cas : $D_{l+1/2} \subset A_l$(l impair et $C_4 \subset E_6$ ([9]).

c. Groupes simples dont le sous-groupe principal est maximum. — Les groupes clos de rang 2 mis à part, le sous-groupe principal est maximum ([10]) si G est l'un des groupes simples : B_4, B_5, ..., C_3, C_4, ..., E_7, E_8; F_4. Il existe donc des groupes de Lie clos de dimension arbitrairement grande qui contiennent un sous-groupe maximum de dimension 3.

Les démonstrations relatives à b et à c se font en partant du fait que la

---

([4]) Les sous-groupes exceptionnels de rang 1 feront l'objet d'une prochaine Note, et le contenu de la présente sera détaillé ultérieurement.

([5]) *Math. Zeitschr.*, **24**, 1926, p. 371-375.

([6]) *Œuvres complètes*, **2**, LII, p. 73-75.

([7]) *Bull. Acad. Sc. U. R. S. S.*, série math., 8, 1944, p. 143-174.

([8]) Démonstration non publiée.

([9]) E. CARTAN, *Bull. Soc. Math.*, 55, 1927, p. 126-132.

([10]) C'est-à-dire n'est pas contenu dans un sous-groupe propre connexe de dimension supérieure.

suite $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_p$ est identique à $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_l$ avec $r=0$; ensuite, si $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_h$ sont h paramètres angulaires fondamentaux de G_1, les paramètres angulaires de G qui se réduisent sur le sous-diagramme R^h de G_1 à ρ_1 ou $\rho_2, \ldots, \rho_h$ forment une suite identique à une permutation de $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_l$. L'essentiel de la discussion réside dans la comparaison des suites $\rho_1, \ldots, \rho_h$ et $\varphi_1, \ldots, \varphi_l$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'utilisation des fonctions hyperbesséliennes à la résolution d'une équation différentielle et au calcul symbolique à n variables.* Note de M. **Paul Delerue**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans une Note antérieure (¹) nous avons, grâce aux fonctions que nous avons appelées hyperbesséliennes, obtenu les originaux de $\varphi(1/p^r)$, $p^r\varphi(1/p^r)$, $p^{r(1-k)}\varphi(1/p^r)$, r entier positif, K nombre positif quelconque.

En transformant légèrement la formule donnée alors, grâce à la relation

$$\Gamma(k)\Gamma\left(k+\frac{1}{r}\right)\cdots\Gamma\left(k+\frac{r-1}{r}\right)=r^{\frac{1}{2}-kr}(2r)^{\frac{r-1}{2}}\Gamma(kr),$$

on peut réunir en une seule les trois relations obtenues et écrire

$$(1)\qquad p^{r(1-k)}\varphi\left(\frac{1}{p^r}\right)\subset\frac{(2r)^{\frac{r-1}{2}}x^{\frac{r^2+(2k-1)r}{2(r+1)}}}{r^{\frac{r^2+2Kr+1}{2(r+1)}}}$$

$$\times\int_0^{\infty}s^{\frac{r-1-2kr}{2(r+1)}}J^{(r)}_{k,k-\frac{1}{r},\ldots,k-\frac{(r-1)}{r}}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right]f(S)\,dS,$$

où $\varphi(p)\subset f(x)$.

De même, en calcul symbolique à deux variables, on pourra obtenir, grâce à ces mêmes fonctions, les originaux de $\varphi(1/p^m, 1/q^n)$; $p^m q^n\varphi(1/p^m, 1/q^n)$ et $d^{m(1-k)}q^{n(1-k')}\varphi(1/p^m, 1/q^n)$.

m et n entiers positifs, K et K′ nombres positifs quelconques. Par définition, on peut écrire

$$p^{m(1-k)}q^{n(1-k')}\varphi\left(\frac{1}{p^m},\frac{1}{q^n}\right)=\frac{1}{p^{km}q^{k'n}}\int_0^{\infty}\int_0^{\infty}e^{-\frac{S}{p^m}}e^{-\frac{t}{q^n}}f(S,t)\,dS\,dt,$$

où $\varphi(p,q)\Subset f(x,y)$.

(¹) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1197.

Or, en calcul symbolique à une variable, on a la relation

$$\frac{1}{p^{km}} e^{-\frac{S}{p^m}} \subset (2\pi)^{\frac{m-1}{2}} \frac{x^{\frac{m^2+(2k-1)m}{2(m+1)}} s^{\frac{(1-2k)m-1}{2}}}{m^{\frac{m^2+2Km+1}{2(m+1)}}} J^{(m)}_{k, k-\frac{1}{m}, \ldots, k-\frac{(m-1)}{m}} \left[(m+1) \sqrt[m+1]{\frac{Sx^m}{m^m}} \right],$$

où $J^{(m)}$ désigne la fonction hyperbessélienne à m indices

On a un original analogue pour $1/q^{nk'} e^{-(t/q^n)}$, donc pour le produit $1/p^k{}_m q^{nk'} e^{-(S/p^m)-(t/q^n)}$ et en multipliant par $f(S, t)\, dS\, dt$ et en intégrant on obtient la relation

$$(2) \qquad p^{m(1-k)} q^{n(1-k')} \varphi\left(\frac{1}{p^m}, \frac{1}{q^n}\right)$$

$$\in \frac{(2\pi)^{\frac{m+n}{2}-1}}{m^{\frac{m^2+2Km+1}{2(m+1)}} n^{\frac{n^2+2K'n+1}{2(n+1)}}} x^{\frac{m^2+(2K-1)m}{2(m+1)}} y^{\frac{n^2+(2K'-1)n}{2(n+1)}}$$

$$\times \int_0^\infty \int_0^\infty s^{\frac{m-1-2km}{2(m+1)}} t^{\frac{n-1-2k'n}{2(n+1)}} J^{(m)}_{k, k-\frac{1}{m}, \ldots, k-\left(\frac{m-1}{m}\right)} \left[(m+1) \sqrt[m+1]{\frac{Sx^m}{m^m}} \right]$$

$$\times J^{(n')}_{K', K'-\frac{n}{1}, \ldots, K'-\left(\frac{n-1}{n}\right)} \left[(n+1) \sqrt[n+1]{\frac{ty^n}{n^n}} \right] \times f(S, t)\, dS\, dt.$$

Cette formule se simplifie si $k = 0$, $k = 1$. On a, par exemple, si $m = n = 2$,

$$\varphi\left(\frac{1}{p^2}, \frac{1}{q^2}\right) \in \frac{\pi}{4} xy \int_0^\infty \int_0^\infty J_{1, \frac{1}{2}}\left(3\sqrt[3]{\frac{Sx^2}{4}}\right) J_{1, \frac{1}{2}}\left(3\sqrt[3]{\frac{ty^2}{4}}\right) \frac{f(S, t)}{\sqrt{St}}\, dS\, dt,$$

$$p^2 q^2 \varphi\left(\frac{1}{p^2}, \frac{1}{q^2}\right) \in \pi\left(\frac{xy}{4}\right)^{\frac{1}{3}} \int_0^\infty \int_0^\infty (st)^{\frac{1}{6}} J_{0, -\frac{1}{2}}\left(3\sqrt[3]{\frac{Sx^2}{4}}\right) J_{0, -\frac{1}{2}}\left(3\sqrt[3]{\frac{ty^2}{4}}\right) f(S, t)\, dS\, dt.$$

La formule opératoire (2) se généralise au calcul symbolique à n variables *et cette utilisation en calcul symbolique nous semble donner un intérêt à l'étude de ces fonctions hyperbesséliennes.*

2. Ces fonctions nous semblent de plus intéressantes parce qu'elles permettent l'intégration de l'équation différentielle

$$(E) \qquad \frac{d^n y}{dx^n} + x^q y = 0, \qquad \text{où} \quad q > 0.$$

M. Humbert ([2]) avait déjà montré que la fonction

$$x^{\frac{n-1}{2}} J^{(n)}_{\frac{1}{n+q}, \frac{2}{n+q}, \ldots, \frac{n-1}{n+q}} \left(\frac{n}{n+q} x^{\frac{n+q}{n}} \right)$$

est une solution particulière de (E). On peut aussi établir que les n fonctions

$$x^{\frac{n-1}{2}} J^{(n)}_{\frac{1}{n+q}, \frac{2}{n+q}, \ldots, \frac{n-k-1}{n+q}, -\frac{k}{n+q}, \ldots, -\frac{2}{n+q}, -\frac{1}{n+q}} \left(\frac{n}{n+q} x^{\frac{n+q}{n}} \right),$$

([2]) *Atti del Pont. Accademia delle Scienze Nuovi Lincei*, 83, 16 février 1930.

où k prend les valeurs $0, 1, 2, \ldots, (n-1)$ en sont aussi solutions. *Les fonctions hyperbesséliennes permettent donc d'obtenir l'intégrale générale de* (E).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *La théorie du potentiel sur les surfaces de Riemann à frontière positive.* Note de M. **Michel Parreau**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Extension aux potentiels définis sur une surface de Riemann à frontière positive des principaux résultats de la théorie classique du potentiel [représentation potentielle des fonctions surharmoniques; notion de capacité et propriétés des ensembles de capacité (intérieure ou extérieure) nulle; extrémisation ou balayage].

La définition du potentiel d'une distribution de masses sur une surface de Riemann a été donnée par L. Ahlfors (1) pour les surfaces closes, par R. Bader (2) dans le cas général. Mais les potentiels ainsi obtenus ne possèdent qu'une partie des propriétés du potentiel newtonien. Au contraire, sur une surface à frontière positive, on peut définir, en prenant la fonction de Green comme fonction fondamentale, des potentiels qui vérifient les théorèmes de la théorie classique (3).

La possibilité d'une telle extension repose essentiellement sur le fait qu'une surface de Riemann est réunion dénombrable de *domaines élémentaires* (au sens de Rado, c'est-à-dire de domaines relativement compacts conformément équivalents à un *cercle-paramètre* $|t|<1$), et sur les propriétés à la frontière de la fonction de Green de la surface (4).

L'extension du théorème de Gauss sur le flux est immédiate, et montre qu'ici encore les masses sont déterminées par les potentiels. Comme dans le plan, on pourra définir le flux généralisé d'un potentiel à travers une courbe de Jordan fermée C morcelant la surface (avec approximation par l'intérieur ou par l'extérieur).

Le théorème de F. Riesz sur la représentation potentielle des fonctions surharmoniques est encore valable dans le cas présent. En effet, soit f une fonction surharmonique sur la surface S considérée, et soit (D_n) une suite de domaines élémentaires recouvrant S. Dans chaque D_n, il existe une mesure de

---

(1) *Acta Soc. Scient. Fenn. N.S.A.*, 2, n° 6, 1937.

(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2001.

(3) Telle qu'elle est exposée, par exemple, dans les travaux de H. Cartan (*Bull. Soc. Math. Fr.*, 69, 1941, p. 71; 73, 1945, p. 74; *Ann. Univ. Grenoble*, 22, 1946, p. 221) et de M. Brelot, *Journ. de Math.*, 24, 1945, p. 1.

(4) M. Parreau, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 709.

Radon μ_n associée à f d'après la représentation de F. Riesz (puisque D_n est équivalent à un domaine plan); μ_n est de masse totale finie (égale, au facteur 2π près, au flux généralisé de f à travers le contour de D_n). Dans la partie commune à deux domaines élémentaires D_m et D_n, les mesures μ_m et μ_n coïncident (puisque la mesure de Radon μ_n ne dépend pas de la fonction fondamentale choisie, tant que celle-ci conserve ses propriétés habituelles). Les diverses distributions de masses μ_n peuvent donc être considérées comme les restrictions aux D_n d'une distribution unique μ, et celle-ci possédera bien la propriété suivante : dans tout domaine relativement compact Δ de S, la différence entre f et le potentiel de la restriction de μ à Δ est harmonique.

En utilisant un résultat de (4), on voit alors, comme dans le cas classique, que toute fonction surharmonique $\geqq 0$ sur S est la somme d'un potentiel de distribution positive et d'une fonction harmonique $\geqq 0$. Toute fonction harmonique majorée par un potentiel de distribution positive (non identiquement infini) est $\leqq 0$; toute fonction surharmonique majorée par un tel potentiel est elle-même un potentiel.

La capacité intérieure (ou la capacité extérieure) d'un ensemble $E \subset S$ sera définie de la manière habituelle. Un ensemble E est de capacité intérieure nulle s'il n'existe aucune distribution positive portée par E dont le potentiel soit borné; il est de capacité extérieure nulle s'il existe un potentiel de distribution positive (non $\equiv +\infty$) qui est égal à $+\infty$ en tout point de E. Les deux capacités coïncident pour les compacts, et un ensemble est de capacité intérieure nulle si tout compact contenu est de capacité nulle.

Si l'on a choisi sur S une suite (D_n) de domaines élémentaires recouvrant la surface, on voit que : pour que l'ensemble E soit de capacité intérieure (resp. extérieure) nulle, il faut et il suffit que tous les $E \cap D_n$ soient de capacité intérieure (resp. extérieure) nulle, c'est-à-dire que leurs images dans les cercles paramètres $|t_n| < 1$ possèdent cette propriété.

La proposition ci-dessus permet d'étendre à une surface de Riemann le théorème fondamental de H. Cartan sur les familles décroissantes de fonctions surharmoniques ([5]), qui s'énonce comme dans le cas classique. En particulier, l'enveloppe inférieure d'une famille quelconque de fonctions surharmoniques $\geqq 0$ est une fonction quasi surharmonique.

Soit alors une fonction f surharmonique $\geqq 0$ sur S, et un ensemble $E \subset S$. En procédant comme M. Brelot ([6]), on définira l'extrémale extérieure de f pour E, $\mathcal{E}_E^e f$, ou f_E^e, comme la plus petite fonction surharmonique $\geqq 0$ sur S qui majore f quasi partout sur E. On définira également une extrémale intérieure $\mathcal{E}_E^i f$, ou f_E^i, qui sera l'enveloppe supérieure des $\mathcal{E}_K^e f$ pour l'ensemble

([5]) *Bull. Soc. Math. Fr.*, **73**, 1945, p. 99 à 106.
([6]) *Journal de Math.*, **24**, 1945, p. 1-32.

des compacts K contenus dans E, ou encore la plus petite fonction surharmonique $\geqq 0$ sur S qui majore f à peu près partout sur E.

Si f est le potentiel d'une distribution positive μ, f_E^i et f_E^e sont eux-mêmes les potentiels de distributions μ_E^i, μ_E^e, ce qui permet de définir le balayage (intérieur ou extérieur) d'une distribution de masses μ sur un ensemble E.

On peut étendre aux extrémales ainsi définies les propriétés établies par M. Brelot (6); en particulier, la représentation intégrale de l'extrémale résulte de ce que celle-ci, pour E compact, est la solution d'un *problème de Dirichlet extérieur* avec valeurs f sur la frontière de E.

Remarque. — Supposons que S soit contenue dans une autre surface de Riemann S'. Pour $E \subset S$, on aura en tout point de $S : f_E^i \leqq f'^i_E$, $f_E^e \leqq f'^e_E$ (l'indice ' désignant les extrémales relatives à S'). Ainsi l'extrémale croît avec la surface sur laquelle elle est définie, ce qui permet (en prenant une exhaustion et passant à la limite) de définir l'extrémisation et le balayage même pour une surface de Riemann de frontière nulle.

TOPOLOGIE. — *Trivialité des espaces fibrés. Applications.*
Note de M. **Jean-Pierre Serre**, présentée par M. Élie Cartan.

Je me propose d'étudier dans cette Note certaines propriétés des espaces fibrés principaux (1), dont le groupe structural est un groupe localement compact qui est, soit totalement discontinu, soit limite projective (2) *dénombrable* de groupes de Lie (un tel groupe sera appelé par la suite *de type dénombrable*). Ces propriétés sont particulièrement intéressantes lorsque l'espace est un groupe fibré par un sous-groupe fermé.

1. *Espaces fibrés à groupe structural totalement discontinu.*

Théorème 1. — *Soit* E *un espace fibré principal de groupe structural* G *localement compact, totalement discontinu, et de base* B *connexe par arc, localement connexe par arc et simplement connexe. Alors* E *est* trivial (*c'est-à-dire admet une section*).

Soit $x \in E$ et cherchons une section passant par x. Supposons G *compact* et soient g_k ses sous-groupes ouverts compacts invariants. Ils opèrent sur E et les espaces E/g_k sont des espaces fibrés de groupe G/g_k et de base B. Ils admettent donc une section passant par l'image de x, section dont l'image réciproque dans E sera notée W_k. Si $g_k \subset g_h$, on a $W_k \subset W_h$ et l'intersection des W_k est la section cherchée. Si G n'est pas compact, la démonstration est analogue, mais plus délicate.

Corollaire. — *Soit* G *un groupe topologique,* g *un sous-groupe fermé de* G *qui soit localement compact et totalement discontinu. Supposons que l'espace*

(1) *Cf.* J-P. Serre, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1295-1297.

(2) *Cf.* A. Weil, *Act.*, 869, Paris, 1938.

homogène G/*g soit une variété. Il existe alors un noyau de sous-groupe dans* G *qui soit une section locale pour la fibration définie par g* [*cf.* ([3]), lemme 4-6].

D'après le théorème précédent, il y a bien une section locale passant par l'élément neutre de G, et il faut seulement vérifier que c'est un noyau de sous-groupe. En effet, cette section n'est autre que la composante connexe par arc de l'élément neutre dans un voisinage convenable de ce dernier.

2. *Espaces fibrés à groupe structural de type dénombrable.*

THÉORÈME 2. — *Soit* E *un espace fibré principal, de groupe structural* G *de type dénombrable et de base* B *localement compacte, paracompacte et contractile en l'un de ses points. Alors* E *est trivial.*

Ce théorème est bien connu si E est supposé localement trivial (Feldbau). On se ramène à ce cas par une démonstration analogue à celle du théorème 1. La dénombrabilité permet de définir des sections par récurrence; la trivialité locale est assurée par le théorème suivant, dû à Gleason ([4]) :

THÉORÈME DE GLEASON. — *Tout espace fibré principal complètement régulier dont le groupe structural est un groupe de Lie est localement trivial.*

3. *La suite exacte d'homotopie.*

THÉORÈME 3. — *Soit* E *un espace fibré principal de base* B *dont le groupe structural* G *est soit de type dénombrable, soit localement compact totalement discontinu. La suite*

$$\ldots\pi_n(G)\to\pi_n(E)\to\pi_n(B)\to\pi_{n-1}(G)\to\ldots$$

est une suite exacte.

COROLLAIRE. — *Si* G *est localement compact totalement discontinu, les groupes d'homotopie supérieurs de* E *et de* B *sont isomorphes.*

En effet, la démonstration habituelle de l'exactitude de la suite d'homotopie (dans le cas classique où E est supposé localement trivial) n'utilise en fait que la trivialité de certains espaces fibrés de groupe G et de base un cube, trivialité qui est ici assurée par les théorèmes 1 et 2 ([5]).

Le corollaire permet de ramener les groupes d'homotopie supérieurs d'un L-groupe d'Iwasawa à ceux des groupes de Lie. En effet, le théorème 13 de ([3]) permet de se borner au cas des groupes compacts. Ces derniers, d'après ([2]), sont de la forme $A\times\Sigma/Z$, où Z est totalement discontinu, A limite projective de tores [on a $\pi_n(A)=0$ pour $n\geq 2$, comme on le voit aisément] et $\Sigma=\prod_i S_i$ un produit de groupes simples. Finalement $\pi_n(G)=\prod_i \pi_n(S_i)$ pour $n\geq 2$.

D'où en particulier [ce résultat étant valable pour les groupes de Lie ([6])] :

([3]) K. IWASAWA, *Annals*, 50, p. 507-558.

([4]) Ce résultat, non encore publié, m'a été communiqué par M. N. Bourbaki.

([5]) *Voir* par exemple l'exp. VIII du *Séminaire de Top. Alg. de l'E. N. S.*, 1949-1950.

([6]) E. CARTAN, *Act.*, 358, Paris, 1936.

THÉORÈME 4. — *Le second groupe d'homotopie d'un L-groupe est nul.*

Bien entendu, le résultat précédent ne s'étend pas à tout groupe topologique : il suffit de considérer le groupe G des applications continues de S_1 dans S_3 qui envoient un point donné de S_1 en l'élément neutre de S_3; on munit G de la topologie de la convergence uniforme et l'on obtient un groupe métrique complet avec $\pi_2(G) = \pi_3(S_3) = Z$.

Signalons encore un résultat curieux : pour qu'un groupe compact connexe soit abélien, il faut et il suffit que son troisième groupe d'homotopie soit nul!

COROLLAIRE. — *Soit* G *un groupe simplement connexe de type dénombrable et* g *un sous-groupe invariant fermé connexe par arc de* G. *Alors* g *et* G/g *sont simplement connexes* [*cf.* Iwasawa ([3]), lemme 3-15].

C'est une simple application de la suite exacte d'homotopie.

4. *Groupes d'homotopie d'un groupe de type dénombrable.*

THÉORÈME 5. — *Soit* G *un groupe de type dénombrable, limite projective d'une suite de groupes de Lie* G_i. *Les groupes d'homotopie supérieurs de* G *sont isomorphes aux limites projectives de ceux des* G_i ([7]).

La démonstration se fait sans difficulté en utilisant le théorème de relèvement des homotopies ainsi que le lemme :

LEMME. — *Soit* G *un groupe de Lie et* g *un sous-groupe invariant fermé de* G. *On a :* $\pi_n(G)$ *est isomorphe à* $\pi_n(g) \times \pi_n(G/g)$ *si* $n \geqq 2$.

Dans le cas où G est compact, le lemme résulte de ce que G est localement isomorphe à $g \times (G/g)$. On ramène le cas général au précédent, en utilisant les propriétés des sous-groupes compacts maximaux dues à Malcev et Iwasawa.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Les i-carrés dans une variété grassmannienne.* Note de M. **WU WEN-TSÜN**, présentée par M. Élie Cartan.

1. L'anneau de coefficients de l'anneau de cohomologie $H^*(M)$ d'un espace M sera dans ce qui suit exclusivement l'anneau des entiers mod 2.

Soient W^i, $i \geqq 0$ quelconque, les W-classes (classes caractéristiques de Stiefel-Whitney) d'une s. f. s. (structure fibrée sphérique) avec la convention $W^0 = 1$ (classe unité de la base), et $W^i = 0$ si $i > m$, $m - 1$ étant la dimension de la fibre sphère. Nous allons démontrer la formule suivante :

$$Sq^r W^s = \sum_t C^t_{s-r+t-1} W^{r-t} W^{s+t} \qquad (s \geqq r > 0), \tag{1}$$

où C^q_p = coefficient binomial pour $p \geqq q > 0$, $= 0$ pour $p < q > 0$, et $= 1$ pour $p = -1$ et $q = 0$ (tous sont réduits mod 2).

Signalons d'abord quelques conséquences de cette formule : définissons, dans

([7]) M. A. Borel a réussi à étendre ce théorème aux limites projectives non dénombrables.

la base, un système de classes U^p ($p \geqq 0$ quelconque) par les équations suivantes :

$$(2) \qquad W^i = \sum_p Sq^{i-p} U^p, \qquad i \geqq 0 \text{ quelconque};$$

nous les appellerons les *classes canoniques* de la structure considérée. Si la s. f. s. est en particulier la structure tangente associée à une variété différentiable M de dimension m, on voit, en comparant avec les équations (1) et (2) d'une Note précédente [1], que le nom de classes canoniques est justifié; de plus, parmi toutes les s. f. s. (aux fibres S^{m-1}) sur la variété M comme base, la structure tangente de M possède la propriété remarquable suivante :

$$(3) \qquad U^p = 0 \qquad \text{pour} \quad 2p > m,$$

De (1) et (3) on déduit :

a. Pour une structure orientable on a $U^{2k+1} = 0$, k quelconque, ce qui généralise un théorème de H. Cartan [1],

b. Pour la structure tangente d'une variété différentiable de dimension m, on a $W^1 W^{m-2} = 0$ si $m = 4k$; $W^1 W^{m-3} = 0$; $W^1 W^{m-1} = 0$ si $m = 4k+1$; $W^m = W^1 W^{m-1}$ si $m = 4k+2$; $W^1 W^{m-1} = 0$, $W^{m-1} = W^1 W^{m-2}$ si $m = 4k+3$.

2. Soit $G_{n,m}$ la variété grassmannienne des m-éléments linéaires dans un espace euclidien R^{n+m} de dimension $n+m$ passant par l'origine de R^{n+m}. On sait [2] que l'*anneau* $H^*(G_{n,m})$ est engendré par les classes W^i de la s. f. s. $\mathcal{G}_{n,m}$ (fibres S^{m-1}) de base $G_{n,m}$ canoniquement associée à $G_{n,m}$. De plus, comme m'a fait remarquer H. Cartan :

LEMME 1. — *Soit* $\varphi_p(W^i)$ *un polynôme non identiquement nul en* $W^1, \ldots W^m$ *tel que pour chaque terme* $W^{i_1} \ldots W^{i_k}$ *de ce polynôme on ait* $i_1 + \ldots + i_k = p \leqq n$. *Alors* $\varphi_p(W^i)$ *est un élément non nul de* $H^*(G_{n,m})$.

Supposons alors que R^{n+m} soit le produit de deux espaces euclidiens $R_j^{n_j+m}$ de dimension $n_j + m_j$ ($j = 1, 2$). Soient G_{n_j,m_j} ($j = 1, 2$) les variétés grassmanniennes définies respectivement dans $R_j^{n_j+m_j}$. Pour $X_j \in G_{n_j,m_j}$ soit $X \in G_{n,m}$ le joint de X_1 et X_2, on a alors une application canonique

$$f: \quad G_{n_1,m_1} \times G_{n_2,m_2} \to G_{n,m}$$

définie par $f(X_1 \times X_2) = X$. En désignant par W ($j = 1, 2$) respectivement les W-classes des structures $\mathcal{G}_{n_j,m_j}$, on a :

LEMME 2. — *Le type d'homologie mod 2 de f est déterminé par* [3] :

$$f^* W^i = \sum_j W_1^j \otimes W_2^{i-j} \qquad (i \geqq 0 \text{ quelconque})$$

---

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 508-511.

[2] S. CHERN, *Annals of Math.*, 49, 1948, p. 362-372.

[3] Nous remarquons que le théorème de Whitney sur le produit de deux structures fibrées sphériques est une conséquence de ce lemme dont la démonstration est donnée dans ma Thèse, Strasbourg, 1949.

Comme conséquence des lemmes 1 et 2, en conservant les notations, on a :

LEMME 3. — *Pour* $p \leq n_1$ *et* n_2, $\varphi_p(W^i)$ *est un élément non nul de* $H^*(G_{n,m})$ *si et seulement si* $f^* \varphi_p(W^i)$ *est un élément non nul de* $H^*(G_{n_1,m_1} \times G_{n_2,m_2})$.

3. *Démonstration de* (1). — Nous poserons

$$\varphi_{r,s}(W^i) = Sq^r W^s + \sum_t C^t_{s-r+t-1} W^{r-t} W^{s+t}.$$

La formule (1), ou, ce qui revient au même, la formule $\varphi_{r,s}(W^i) = 0$, étant évidente pour $m = 1$, nous supposerons par induction qu'elle est exacte pour les structures dont les fibres sphères ont une dimension $< m - 1$, où $m > 1$. Soient maintenant W^i, W^i_j respectivement les W-classes des structures $\mathcal{G}_{n,m}$ et $\mathcal{G}_{n_j,m_j}$ $(j = 1, 2)$ où $n = n_1 + n_2$, $n_j \geq r + s$, $m_1 = m - 1$, $m_2 = 1$. De la formule $f^* Sq^i = Sq^i f^*$, d'un théorème de H. Cartan [4], et du lemme 2 du paragraphe 2, on déduit

$$f^* \varphi_{r,s}(W^i) = \varphi_{r,s}(W^i_1) \otimes 1 + \varphi_{r,s-1}(W^i_1) \otimes W^1_2 + \varphi_{r-1,s-1}(W^i_1) \otimes (W^1_2)^2.$$

D'après l'hypothèse d'induction on a donc $f^* \varphi_{r,s}(W^i) = 0$ et par conséquent $\varphi_{r,s}(W^i) = 0$ d'après le lemme 3. La structure $\mathcal{G}_{n,m}$ étant universelle pour n assez grand, on a $\varphi_{r,s}(W^i) = 0$ pour une s. f. s. quelconque. La formule (1) est ainsi démontrée par induction.

Soient en particulier W^i les W-classes de la structure $\mathcal{G}_{n,m}$ sur la base $G_{n,m}$. L'anneau $H^*(G_{n,m})$ étant engendré par les classes W^i, on voit que la formule (1) détermine complètement les i-carrés dans $G_{n,m}$ en les exprimant comme des polynômes en W^i.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les surfaces déformables avec persistance d'un réseau conjugué de courbes coniques.* Note (*) de Mlle **Simone Lemoine**, présentée par M. Élie Cartan.

Étudiant le problème général où les courbes du réseau conjugué ne sont pas géodésiques, M. Lalan [1] a montré que les formes fondamentales des surfaces déformables avec persistance d'un réseau conjugué s'écrivent à l'aide de trois fonctions inconnues dont l'une vérifie une équation aux dérivées partielles du quatrième ordre tandis que les deux autres sont solution d'un système de deux équations aux dérivées partielles du premier ordre, linéaires. Dans cette Note, je montrerai que, *si le réseau conjugué persistant est constitué par des courbes le long desquelles les développables circonscrites à la surface support sont des cônes, les formes fondamentales s'écrivent à l'aide d'une seule fonction inconnue assujettie à vérifier deux équations aux dérivées partielles du second ordre.*

---

(4) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 425-427.

(*) Séance du 27 février 1950.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1842-1844.

Désignons par L, O, N les composantes de la forme asymptotique, par $\left\{ \begin{smallmatrix} i & k \\ & j \end{smallmatrix} \right\}$ et $\left\{ \begin{smallmatrix} \overline{i\ k} \\ j \end{smallmatrix} \right\}$ les symboles de Christoffel de la surface et de sa représentation sphérique; les équations de Codazzi s'écrivent

$$(1) \qquad \frac{\partial}{\partial v} \log L = \left\{ \begin{matrix} 1 & 2 \\ & 1 \end{matrix} \right\} + \left\{ \begin{matrix} \overline{1\ 2} \\ 1 \end{matrix} \right\}, \qquad \frac{\partial}{\partial u} \log N = \left\{ \begin{matrix} 1 & 2 \\ & 2 \end{matrix} \right\} + \left\{ \begin{matrix} \overline{1\ 2} \\ 2 \end{matrix} \right\}.$$

$\left\{ \begin{smallmatrix} \overline{1\ 2} \\ 1 \end{smallmatrix} \right\}$ et $\left\{ \begin{smallmatrix} \overline{1\ 2} \\ 2 \end{smallmatrix} \right\}$ vérifient les conditions de Cosserat; par suite, U étant une fonction arbitraire de u et V une fonction arbitraire de v, on a

$$(2) \qquad \left\{ \begin{matrix} \overline{1\ 2} \\ 1 \end{matrix} \right\} = -\frac{V'}{2(U+V)}, \qquad \left\{ \begin{matrix} \overline{1\ 2} \\ 2 \end{matrix} \right\} = -\frac{U'}{2(U+V)}.$$

D'autre part, la méthode du trièdre mobile de M. E. Cartan montre que la condition nécessaire et suffisante pour que les lignes $u=$ const. et $v=$ const. soient coniques est que

$$\frac{\partial}{\partial u}\left\{ \begin{matrix} 1 & 2 \\ & 1 \end{matrix} \right\} = \frac{\partial}{\partial v}\left\{ \begin{matrix} 1 & 2 \\ & 2 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 1 & 2 \\ & 1 \end{matrix} \right\}\left\{ \begin{matrix} 1 & 2 \\ & 2 \end{matrix} \right\}.$$

Ces équations s'intègrent et donnent

$$(3) \qquad \left\{ \begin{matrix} 1 & 2 \\ & 1 \end{matrix} \right\} = -\frac{V'_1}{U_1+V_1}, \qquad \left\{ \begin{matrix} 1 & 2 \\ & 2 \end{matrix} \right\} = -\frac{U'_1}{U_1+V_1},$$

U_1 et V_1 étant deux fonctions arbitraires de u et v respectivement.

Compte tenu de (2) et (3), les équations (1) s'intègrent en introduisant deux nouvelles fonctions d'un argument

$$(4) \qquad L = \frac{U_2'^2}{(U_1+V_1)\sqrt{U+V}}, \qquad N = \frac{V_2'^2}{(U_1+V_1)\sqrt{U+V}}.$$

Le réseau (u, v) est *isotherme conjugué*.

La comparaison entre les formules (4) et celles de M. Lalan montre qu'il faut prendre

$$(5) \qquad \xi = \frac{U_2'^2}{U_1+V_1}\sqrt{\frac{2}{U'}}, \qquad \zeta = \frac{V_2'^2}{U_1+V_1}\sqrt{\frac{2}{V'}}.$$

D'après (5), les équations (7) de la Note précédemment citée deviennent

$$(6) \qquad \frac{R}{Q_{uv}}\left(\frac{Q_u}{R}\right)_u = -2\frac{U_2'^2}{V_2'^2}\frac{V_1'}{U'}\frac{U+V}{U_1+V_1}, \qquad \frac{R}{Q_{uv}}\left(\frac{Q_v}{R}\right)_v = -2\frac{V_2'^2}{U_2'^2}\frac{U_1'}{V'}\frac{U+V}{U_1+V_1}.$$

Multipliant ces équations membre à membre et utilisant la formule (5) de la même Note, on trouve, par une intégration qui introduit deux nouvelles fonctions arbitraires d'un argument,

$$(7) \qquad R = U'_3 V'_3 \frac{(U_1+V_1)^2}{\sqrt{U+V}} e^{Q}.$$

En comparant les deux valeurs de R, on obtient

$$\frac{(U+V)^2}{U'V'}\left(\frac{\partial^2 Q}{\partial u\,\partial v}\right)^2-\frac{\partial Q}{\partial u}\frac{\partial Q}{\partial v}+\frac{U'_2 V'_2(U_1+V_1)^2}{\sqrt{U+V}}e^{Q}=0. \tag{8}$$

Divisant membre à membre les deux équations (6), on trouve

$$\frac{V'^4_2}{V'V'_1}\left(\frac{Q_u}{R}\right)_u=\frac{U'^4_2}{U'U'_1}\left(\frac{Q_v}{R}\right)_v. \tag{9}$$

Cette équation peut être simplifiée en choisissant u, v de façon que

$$U'^4_2=U'U'_1, \qquad V'^4_2=V'V'_1,$$

ce qui donne

$$du=\frac{dU_2^2}{\sqrt{dU\,dU_1}}, \qquad dv=\frac{dV_2^2}{\sqrt{dV\,dV_1}},$$

et, ainsi, (9) devient

$$\left(\frac{Q_u}{R}\right)_u=\left(\frac{Q_v}{R}\right)_v. \tag{9'}$$

La fonction $Q(u, v)$ doit être solution des deux équations (8) et (9′) qui, compte tenu de (7), sont deux équations aux dérivées partielles du second ordre, ce qui vérifie la proposition énoncée au début.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la viscosité des gaz rares.*

Note (*) de Mme **Anne-Marie Saulgeot**, présentée par M. Joseph Pérès.

Variation de la viscosité avec la température pour le néon, le krypton, le xénon; résultats expérimentaux et comparaison avec la théorie.

Au cours de mesures récentes sur la viscosité des gaz rares, effectuées par la méthode du disque oscillant, nous avons obtenu les résultats suivants :

1° Pour le néon entre −180° et 20°C, pour le krypton et le xénon entre −60° et 20° C, la viscosité est bien représentée en fonction de la température par la formule $\eta/\eta_0=(T/T_0)^n$ (η_0, viscosité à la température T_0), n ayant les valeurs

Gaz	Néon.	Krypton.	Xénon.
n	0,77	0,90	0,92

2° En admettant pour l'hélium et pour l'argon les valeurs classiques : =0,65 (Kammerlingh Onnes) et =0,82 (Schmidt, Schultze, Rayleigh), on voit que pour l'ensemble des gaz rares, le nombre n croît régulièrement en fonction de la masse atomique.

(*) Séance du 27 février 1950.

Gaz.	Masse atomique.	n.
He.	4,00	0,65
Ne.	20,2	0,77
A.	39,9	0,82
Kr.	82,9	0,90
Xe.	130,2	0,92

Cette croissance a une allure logarithmique et la courbe $n = f(\log A)$ est à peu près rectiligne, avec une ordonnée à l'origine voisine de 1/2 (*fig.* 1) qui est la valeur donnée par la théorie cinétique élémentaire.

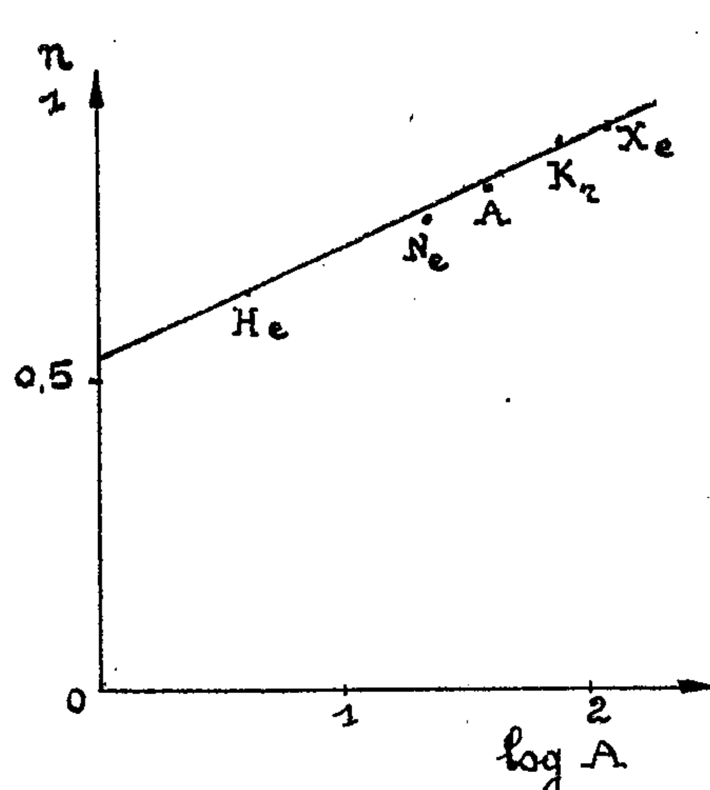


Fig. 1.

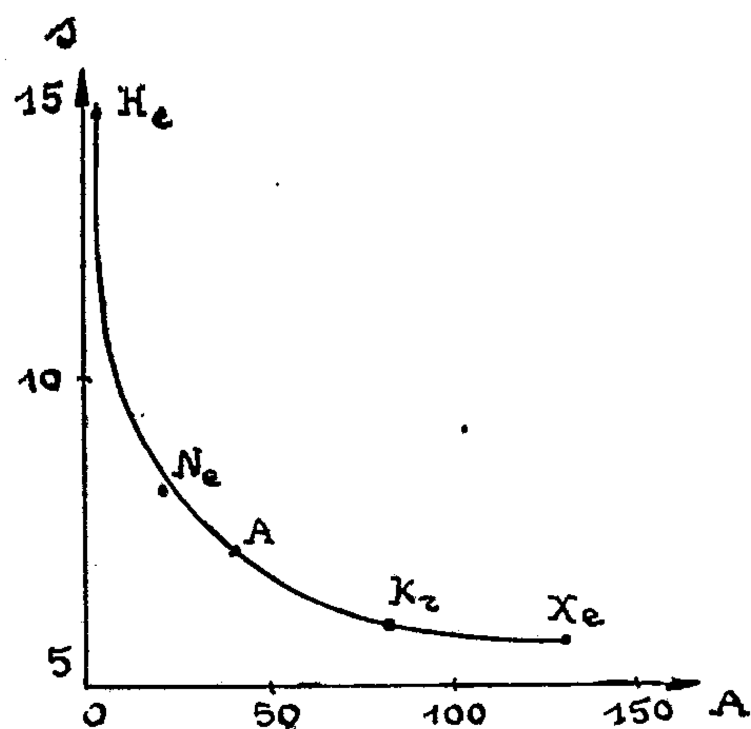


Fig. 2.

3° Si nous représentons par une formule du type

$$\varphi(r) = \mu r^{-s},$$

la force qui s'exerce entre deux molécules distantes de r la théorie cinétique classique donne entre s et n la relation

$$n = \frac{1}{2} + \frac{2}{s-1}.$$

Des valeurs expérimentales de n il ressort que, pour l'ensemble des gaz rares, s décroît régulièrement en fonction de la masse atomique. On a en effet

Gaz.	He.	Ne.	A.	Kr.	Xe.
s.	14,35	8,11	7,25	6,0	5,75

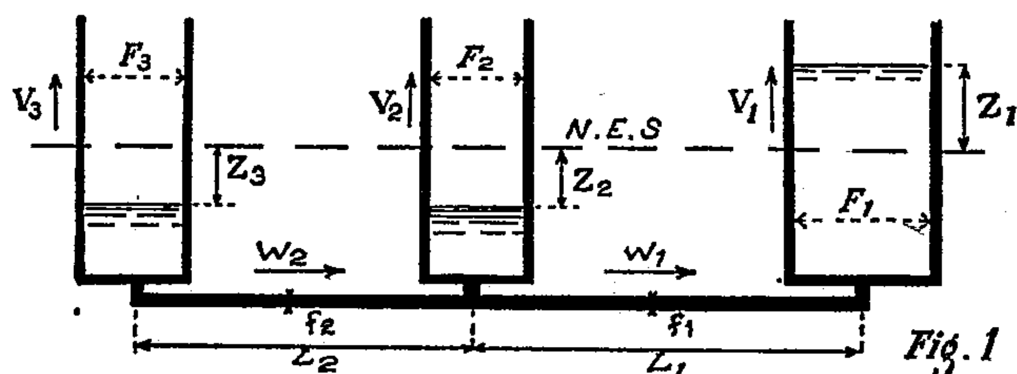
Les asymptotes de la courbe $s = f(A)$ (*fig.* 2) nous montrent que pour un gaz rare idéal à poids atomique très petit, s deviendrait infini (choc entre sphères élastiques) alors que pour un gaz rare idéal, de poids atomique extrêmement élevé, on aurait à la limite une loi en r^{-5} (loi de répulsion de Maxwell). Il est intéressant de retrouver ces résultats théoriques comme limites d'une série de valeurs expérimentales.

HYDRAULIQUE. — *Oscillations entre bassins communicants.*

Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Cette Note donne la solution analytique de l'étude des oscillations dans trois bassins communicants, en négligeant les pertes de charge. Elle précise la méthode de calcul aux différences finies à adopter dans le cas de n bassins communicants, en tenant compte des pertes de charge.

Le cas de deux réservoirs étant déjà traité, considérons celui où il existe trois bassins (*fig.* 1). Les sections horizontales des trois réservoirs sont supposées constantes et l'origine des Z comptés positivement vers le haut est confondue



avec le niveau d'équilibre statique dans les trois réservoirs. Les pertes de charge dans les tubes de liaison sont de la forme $\varepsilon_1 K_1 W_1^2$, $\varepsilon_2 K_2 W_2^2$, les nombres ε_1 et ε_2 ayant pour valeur absolue l'unité et pour signes, respectivement, ceux de W_1 et de W_2. On a les relations suivantes :

$$F_1 Z_1 + F_2 Z_2 + F_3 Z_3 = 0, \qquad V_1 = \frac{dZ_1}{dt}, \qquad V_2 = \frac{dZ_2}{dt}, \qquad V_3 = \frac{dZ_3}{dt},$$

$$\frac{L_1}{g}\frac{dW_1}{dt} + Z_1 - Z_2 + \varepsilon_1 K_1 W_1^2 = 0,$$

$$\frac{L_2}{g}\frac{dW_2}{dt} + Z_2 - Z_3 + \varepsilon_2 K_2 W_2^2 = 0,$$

$$f_1 W_1 = F_1 V_1, \qquad f_2 W_2 = F_1 V_1 + F_2 V_2 = -F_3 V_3.$$

Le problème ne peut être résolu analytiquement qu'en l'absence de pertes de charge ($K_1 = K_2 = 0$); dans ce cas, on obtient finalement

$$Z_1 = A \sin(\alpha t + \varphi) + B \sin(\beta t + \lambda),$$

$$Z_2 = A\left(1 - \frac{\alpha^2}{\omega_1^2}\right)\sin(\alpha t + \varphi) + B\left(1 - \frac{\beta^2}{\omega_1^2}\right)\sin(\beta t + \lambda),$$

$$Z_3 = A\left[K_1^2 + K_2^2\left(1 - \frac{\alpha^2}{\omega_1^2}\right)\right]\sin(\alpha t + \varphi) - B\left[K_1^2 + K_2^2\left(1 - \frac{\beta^2}{\omega_1^2}\right)\right]\sin(\beta t + \lambda),$$

les constantes A, B, φ, λ étant déterminées par les conditions initiales, et les

(*) Séance du 27 février 1950.

quantités ω_1, K_1, K_2, α, β étant fournies par les relations suivantes :

$$\omega_1^2 = \frac{gf_1}{L_1 F_1}, \qquad \omega_2^2 = \frac{gf_2}{L_2 F_2},$$

$$K_1^2 = \frac{F_1}{F_3}, \qquad K_2^2 = \frac{F_2}{F_3}, \qquad K^2 = \frac{F_1}{F_2} = \frac{K_1^2}{K_2^2},$$

$$\left.\begin{matrix}\alpha\\ \beta\end{matrix}\right\} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega_2^2(1+K_2^2)+\omega_1^2(1+K^2) \pm \sqrt{[\omega_2^2(1+K_2^2)+\omega_1^2(1+K^2)]^2 - 4\omega_1^2\omega_2^2(1+K_1^2+K_2^2)}}.$$

Dans le cas où les pertes de charge ne sont pas négligeables, on a recours à un calcul aux différences finies, de proche en proche : partant des valeurs supposées connues de Z_1, Z_2, Z_3, V_1, V_2, à l'instant t, on en déduit W_1, W_2, puis les valeurs ΔZ_1, ΔZ_2, ΔZ_3, ΔV_1, ΔV_2 correspondant à un intervalle Δt arbitrairement choisi, au moyen des relations suivantes :

$$W_1 = \frac{F_1}{f_1} V_1, \qquad W_2 = \frac{1}{f_2}[F_1 V_1 + F_2 V_2],$$

$$\Delta Z_1 = V_1 \Delta t, \qquad \Delta Z_2 = V_2 \Delta t, \qquad \Delta Z_3 = -\frac{1}{F_3}[F_1 \Delta Z_1 + F_2 \Delta Z_2],$$

$$\Delta V_1 = -\frac{gf_1}{L_1 F_1}[Z_1 - Z_2 + \varepsilon_1 K_1 W_1^2]\Delta t,$$

$$\Delta V_2 = -\frac{gf_2}{L_2 F_2}\left[\frac{L_2 F_1}{gf_2}\Delta V_1 + (Z_2 - Z_3 + \varepsilon_2 K_2 W_2^2)\Delta t\right].$$

Dans le cas de n réservoirs en série, il n'existe pas de solution analytique, même en négligeant les pertes de charge. Par contre, le calcul aux différences finies permet de résoudre le problème, dans tous les cas, y compris celui de bassins à sections horizontales variables et en tenant compte, éventuellement, des pertes de charge singulières pouvant exister à la liaison des réservoirs avec les conduites de jonction (vannes partiellement ouvertes).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La correspondance entre les opérateurs de la théorie d'une seule particule et de la théorie du positron.* Note (*) de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'espace des états de la théorie du positron est l'espace $\wedge(R_+ + R_-^*)$ des tenseurs antisymétriques de l'espace $R_+ + R_-^*$, où R_-^* est le dual de l'espace R_- des états d'énergie négative d'un seul électron libre. L'indice r non souligné note un état d'énergie positive, l'indice s' primé un état d'énergie négative de l'espace $R = R_+ + R_-$. La correspondance formelle

(1) $$M_{\underline{r}\underline{s}} = (\underline{r}|M|\underline{s})$$

(*) Séance du 20 février 1950.

entre les opérateurs M de R, dont les éléments de matrice sont donnés par $(\underline{r}|\mathrm{M}|\underline{s}) = \int \varphi_{\underline{r}}^{*} \mathrm{M} \varphi_{s}\, dx$, et les opérateurs

$$
(2)\qquad \begin{cases}
\mathbf{M} = \sum_{\underline{rs}} \mathrm{M}_{\underline{rs}}\, \overline{a_{\underline{r}}}\, a_{\underline{s}}^{*} = \mathbf{M}_{++} + \mathbf{M}_{--} + \mathbf{M}_{+-} + \mathbf{M}_{-+}, \\
\mathbf{M}_{++} = \sum_{rs} \mathrm{M}_{rs}\, a_r a_s^{*}, \qquad \mathbf{M}_{--} = \sum_{r's'} (-\mathrm{M}_{r's'})\, a_{s'}^{*} a_{r'}, \\
\mathbf{M}_{+-} = \sum_{rs'} \mathrm{M}_{rs'}\, a_r a_{s'}^{*}, \qquad \mathbf{M}_{-+} = \sum_{r's} \mathrm{M}_{r's}\, a_{r'} a_s^{*},
\end{cases}
$$

de l'espace $\bigwedge(\mathrm{R}_{+} + \mathrm{R}_{-}^{*})$ des états de la théorie du positron ne conserve pas toujours le sens physique des opérateurs. Par exemple, à l'opérateur $p^2 = -h^2\Delta$ de l'espace R correspond selon (1), avec une base d'onde plane monochromatique, l'opérateur $\sum_{r} p_r^2\, a_r a_r^{*} + \sum_{r'} (-p_{r'}^2)\, a_{r'}^{*} a_{r'} \bigwedge$ de l'espace $(\mathrm{R}_{+} + \mathrm{R}_{-}^{*})$ qui ne représente plus, divisé par $2m$, l'approximation non relativiste de l'énergie cinétique du système de particules, puisque sa valeur moyenne est négative dans un état où il n'y a que des positrons présents.

Par les relations $\varphi_{r}^{*} = \mathrm{C}\varphi_{r'}$, $\varphi_{r'}^{*} = \mathrm{C}\varphi_{r}$ on peut faire correspondre à chaque état r d'énergie positive de R un état d'énergie négative r' et inversement (1). La transformation $a_{r'}^{*} \rightleftharpoons a_r$, $a_{r'} \rightleftharpoons a_r^{*}$ change le rôle des opérateurs de création a_r, $a_{r'}^{*}$ et d'annihilation a_r^{*}, $a_{r'}$ des électrons et des positrons. En formant la somme et la différence d'un opérateur $\mathbf{Z}$ et de l'opérateur déduit de $\mathbf{Z}$ par cette transformation, chaque opérateur $\mathbf{Z}$ de $\bigwedge(\mathrm{R}_{+} + \mathrm{R}_{-}^{*})$ peut être décomposé en une partie $\mathbf{Z}_{\mathrm{I}}$ qui se multiplie par -1 en appliquant cette transformation, $\mathbf{Z}_{\mathrm{I}} \to -\mathbf{Z}_{\mathrm{I}}$, et une partie $\mathbf{Z}_{\mathrm{II}}$ invariant par rapport à celle-ci, $\mathbf{Z}_{\mathrm{II}} \to \mathbf{Z}_{\mathrm{II}}$. Les opérateurs $\mathbf{Z}_{\mathrm{I}}$ représentent des quantités mesurables de la théorie du positron changeant de signe avec la charge électrique des particules, les opérateurs $\mathbf{Z}_{\mathrm{II}}$ des quantités indépendantes du signe de la charge. Pour les opérateurs $\mathbf{M}$ de (2) changeant de signe avec la charge électrique ou indépendants de ce signe, on a en appliquant la transformation $a_{r'}^{*} \rightleftharpoons a_r$, $a_{r'} \rightleftharpoons a_r^{*}$ et en tenant compte des relations d'anti-commutation des $a_{\underline{r}}$, $a_{\underline{r}}^{*}$,

$$
(3)\qquad \begin{cases}
\mathbf{M} \to \mp \mathbf{M}, \\
\mathbf{M}_{++} \to \mp \mathbf{M}_{--}, \quad \mathbf{M}_{--} \to \mp \mathbf{M}_{++}, \quad \mathbf{M}_{+-} \to \mp \mathbf{M}_{+-}, \quad \mathbf{M}_{-+} \to \mp \mathbf{M}_{-+}, \\
\mathrm{M}_{r's'} = \mp \mathrm{M}_{sr}, \qquad \mathrm{M}_{rs'} = \mp \mathrm{M}_{sr'}, \qquad \mathrm{M}_{r's} = \mp \mathrm{M}_{s'r}\, .
\end{cases}
$$

Les relations qui existent entre les éléments de matrice des opérateurs hermitiens $\mathrm{M} = \overline{\overline{\mathrm{M}}}$ et $\mathrm{M} = -\overline{\overline{\mathrm{M}}}$ de R, égaux ou opposés à leurs transformées de charge (1), montrent avec (3) que $\mathrm{M}_{\underline{rs}} = (\underline{r}|\mathrm{M}|\underline{s})$ fait correspondre à

(1) *Voir* une Note précédente, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 822.

un opérateur hermitien $M = \overline{\overline{M}}$ de R un opérateur **M** de $\wedge(R_+ + R_-^*)$ de la théorie du positron changeant de signe avec la charge électrique, à un opérateur hermitien $M = -\overline{\overline{M}}$ de R un opérateur **M** de $\wedge(R_+ + R_-^*)$ représentant une quantité indépendante du signe de la charge.

A l'aide de l'opérateur $\Lambda = \Lambda_+ - \Lambda_-$, où Λ_+, Λ_- sont les projecteurs des sous-espaces R_+, R_- de R, on peut définir une autre correspondance entre les opérateurs M et des opérateurs **M** qui commutent avec le nombre des particules, par la relation

$$M_{\underline{r}\underline{s}} = \left(r \left| \frac{M\Lambda + \Lambda M}{2} \right| \underline{s}\right) \tag{4}$$

qui relie ([1]) à un opérateur hermitien $M = \overline{\overline{M}}$ de R un opérateur de $\wedge(R_+ + R_-^*)$ indépendant du signe de la charge, à un opérateur hermitien $M = -\overline{\overline{M}}$ un opérateur **M** changeant de signe avec celle-ci. (4) fait correspondre à l'opérateur p^2 de R l'opérateur $\sum_r p_r^2 a_r a_r^* + \sum_{r'} p_{r'}^2 a_{r'}^* a_{r'}$ qui, divisé par $2m$, représente l'approximation non relativiste de l'énergie cinétique.

Les deux correspondances introduites relient l'opérateur I de R aux opérateurs de la charge totale et du nombre de particules de la théorie du positron, les opérateurs $\delta(x - x')$, $\vec{\alpha}.\delta(x - x')$ de R à des opérateurs représentant la densité de charge et de courant électrique et les densités correspondantes pour la probabilité de présence des particules, l'opérateur x de R à des opérateurs représentant le moment électrique du système et la somme des coordonnées. Parmi les expressions de densité de l'électron de Dirac, formées à l'aide des opérations γ_i et $i\left[\left(\vec{\partial}/\partial x_i\right) - \left(\overleftarrow{\partial}/\partial x_i\right)\right]$, il y en a $6 + 4 \times 10$ qui correspondent avec $M_{\underline{r}\underline{s}} = (\underline{r}|M|\underline{s})$ à des opérateurs de la théorie du positron indépendants du signe de la charge, $10 + 4 \times 6$ qui correspondent à des opérateurs changeant de signe avec celle-ci. Ces deux sortes d'opérateurs correspondent aux deux sous-systèmes des relations différentielles de Franz-Kofink qui relient ces expressions densitaires et qui restent également valables dans la théorie d'un système de particules pour les opérateurs de la représentation d'interaction. Il est donc justifié de considérer ces expressions densitaires et ces relations comme dynamiques ou électrodynamiques ([2]).

([2]) O. COSTA DE BEAUREGARD, *Journ. de Math.*, 22, 1943, p. 154.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques sur un Mémoire de M. R. P. Feynman.* Note de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous nous proposons d'étudier quelques points du Mémoire [1] que M. R. P. Feynman a consacré à la théorie du positon. Partant de l'équation de Dirac, il exprime la solution $\psi(2)$ en un point spatio-temporel 2 intérieur à une variété fermée S de l'espace temps par l'intégrale

$$\psi(2) = \int K_{+}(2, 1) N(1) \psi(1)\, d^3V_1,$$

le point 1 appartenant à S. Le noyau $K_{+}(2, 1)$ qui, tout d'abord avait une expression bien déterminée pour tous les points spatio-temporels antérieurs au point 2 et était identiquement nul pour tous ceux postérieurs, est choisi par la suite (afin de satisfaire aux exigences de la théorie du positon) comme une fonction donnée par deux expressions distinctes : la première valant pour le passé du point 2, la deuxième pour son futur. Enfin M. R. P. Feynman considère le cas où S est un cylindre d'axe parallèle à l'axe des temps dont la surface latérale est renvoyée à l'infini. En prenant les plans équitemporels $t = 0$ et $t = T$, il obtient la formule

$$\psi(2) = \int K_{+}(2, 1) \beta \psi(1)\, d^3x_1 - \int K_{+}(2, 1') \beta \psi(1')\, d^3x'_1,$$

où 1 représente un point du plan $t = 0$ et $1'$ un point du plan $t = T$.

Il y a, semble-t-il, quelque difficulté à vouloir se poser un problème de Dirichlet pour le système linéaire d'équations aux dérivées partielles du premier ordre représenté par une équation de Dirac : ce système est en effet à caractéristiques réelles. Nous allons essayer de préciser ce point, en nous attachant au cas des deux plans, et montrer qu'il y a là une difficulté réelle. En effet la connaissance du spineur initial $\psi(x, y, z, 0)$ soit $\Phi(x, y, z)$ fournit les dérivées

$$\left(\frac{\partial \psi_\mu}{\partial x}\right)_0 = \frac{\partial \Phi_\mu}{\partial x}, \qquad \left(\frac{\partial \psi_\mu}{\partial y}\right)_0 = \frac{\partial \Phi_\mu}{\partial y}, \qquad \left(\frac{\partial \psi_\mu}{\partial z}\right)_0 = \frac{\partial \Phi_\mu}{\partial z} \qquad (\mu = 1, 2, 3, 4),$$

l'indice zéro indiquant que les dérivées sont calculées en $t = 0$. Les quatre équations de Dirac vont donc fournir $(\partial \psi_1/\partial t)_0 \ldots (\partial \psi_4/\partial t)_0$, de sorte que la connaissance du spineur initial fixe la valeur des dérivées premières en $t = 0$. Itérons l'équation de Dirac comme on le fait d'habitude, on obtient ainsi l'équation de Gordon-Klein satisfaite par chacun des ψ_μ. Les solutions de ces équations seront univoquement déterminées par la seule connaissance de $\psi(x, y, z, 0)$ puisque leurs dérivées partielles premières le sont : il y a donc équivalence

[1] R. P. Feynman, *Phys. Rev.*, 76, n° 6, p. 754.

entre les quatre équations de Dirac et les quatre équations de Gordon-Klein quand on se donne le spineur initial ([2]). Par suite, la solution ainsi déterminée prendra des valeurs bien définies pour les points du plan $t = T$ et ses valeurs ne pourront plus être choisies arbitrairement, sauf si l'on admet des discontinuités au voisinage des plans porteurs de données, ce qui enlève tout sens au problème aux limites. On pourrait également dire que, pour un point 2 intérieur, les seules données sur $t = 0$ fixent la solution, de sorte que celles sur $t = T$ ne sont plus arbitraires. On voit sous cette forme que le premier choix de $K_+(2, 1)$ (identiquement nul pour le futur de 2) permettait au moins apparemment de résoudre la difficulté : en fait les données sur $t = T$ n'interviennent plus effectivement alors et de plus la discontinuité de la solution au voisinage de $t = T$ subsiste toujours.

Il faut bien remarquer que ce n'est pas au théorème d'existence de Cauchy qu'on a fait appel (ce théorème n'assure l'existence de la solution qu'au voisinage des surfaces portantes), mais bien au fait que les caractéristiques de l'équation itérée (et des équations de Dirac elles-mêmes) sont réelles. En particulier, le problème posé ne serait plus *a priori* impossible si les variétés caractéristiques des équations de Dirac étaient imaginaires, c'est-à-dire si l'itération menait à une équation du type elliptique. Tout ce qui vient d'être dit vaut pour des fonctions continues, les théorèmes invoqués ne s'appliquent plus si les données initiales sont des mesures de position.

Dans le mémoire suivant, M. R. P. Feynman considère des particules obéissant à l'équation de Gordon-Klein (*Phys. Rev.*, loc. cit., p. 782) et établit la formule :

$$\psi(2) = \int \left[\psi(1) \frac{\partial}{\partial x_{1\mu}} I_+(2, 1) - \frac{\partial \psi}{\partial x_{1\mu}} I_+(2, 1) \right] N_\mu(1)\, d^3V,$$

où

$$[\Box_2 - m^2]\, I_+(2,1) = \delta(2,1);$$

sous cette forme elle donne lieu aux mêmes critiques puisqu'on se donne à la fois ψ et $d\psi/dn$ sur la surface fermée ou sur les deux plans. En essayant de parfaire l'analogie avec la formule de Green, on pourrait essayer de faire $I_+ = 0$ sur S, ce qui éviterait la difficulté. M. R. P. Feynman ne semble pas envisager cette éventualité qui nous conduirait à poser le problème de Dirichlet pour une équation hyperbolique : problème en général impossible, mais qui peut avoir un sens pour certains choix particuliers des surfaces S ([3]).

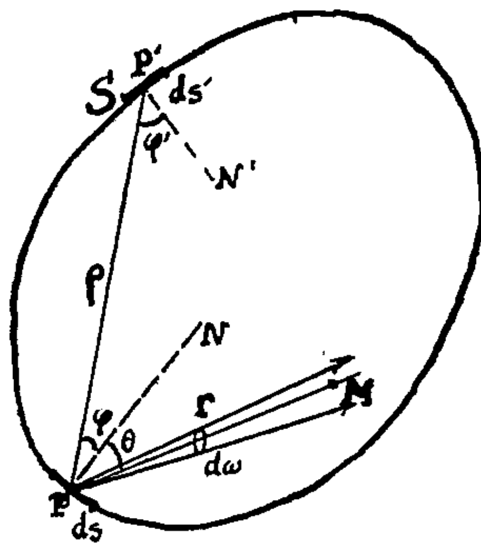
([2]) Les méthodes de M. Hadamard permettent la détermination de la solution pour tout point de l'espace temps, intérieur à un cône caractéristique découpant une portion de l'hyperplan portant les données dans laquelle ces données sont continues et dérivables.

([3]) HADAMAR, *Enseignement mathématique*, 35, 1936; FUBINI, *Atti Torino*, 40, 1904, p. 616; *Huber Monatsheft. f. Math. Phys.*, 39, 1932, p. 79.

TECHNIQUE DU VIDE. — *Sur la théorie du pompage en régime moléculaire.* Note (*) de M. **François Bertein**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étant donnée une enceinte S renfermant un gaz sous pression assez basse pour que le régime y soit moléculaire (pas de chocs mutuels entre molécules), les problèmes de pompage conduisent en général à l'étude de la vitesse d'écoulement du gaz; nous faisons ici quelques observations sur la loi de distribution des molécules elles-mêmes. Cette distribution est définie par le nombre de molécules par unité de volume, fonction n (M) du point M qui décrit l'intérieur de S.

Nous supposerons essentiellement un régime permanent, la surface S convexe et la loi de Lambert vérifiée en tout point P de S. Rappelons que cette loi assigne la forme suivante au nombre de molécules émises en l'unité de temps



par l'élément de surface ds (molécules soit dégagées, soit renvoyées par cet élément) dans un angle solide $d\omega$ autour d'une direction faisant l'angle θ avec la normale N :

$$u(\mathrm{P})\, ds \cos\theta\, d\omega, \tag{1}$$

$u(\mathrm{P})$ ne dépendant pas de la direction envisagée; il en résulte en particulier que le nombre total de molécules ainsi émises par ds est égal à $\pi u(\mathrm{P})\, ds$.

Dans ces conditions, on détermine aisément à partir de la fonction $u(\mathrm{P})$ le nombre de molécules présentes dans un volume dv autour de M, et par suite la fonction de distribution $n(\mathrm{M})$

$$n(\mathrm{M}) = \iint_{\mathrm{S}} \frac{u(\mathrm{P})}{\mathrm{W}} \frac{ds \cos\theta}{r^2}, \tag{2}$$

où W = vitesse de molécules déterminée par une moyenne; (2) exprime que la fonction $n(\mathrm{M})$ obéit dans l'enceinte S à l'équation de Laplace $\Delta n = 0$, car

(*) Séance du 20 février 1950.

elle est déterminée comme une loi de potentiel à partir d'une couche double de densité $u(P)/W$ disposée sur S.

Le vecteur grad$n(M)$ n'a pas de relation simple avec le vecteur courant gazeux $\vec{H}(M)$: ce dernier est défini par le fait que son flux à travers tout contour donne le débit de molécules à travers ce contour, et lui aussi s'obtient simplement à partir de $u(P)$.

Dans la pratique $u(P)$ n'est pas connu *a priori* sur l'ensemble de la paroi S, car cette fonction n'a pas d'existence intrinsèque. Ce qu'il faut plutôt considérer comme donnée fondamentale, c'est la fonction $e(P)$ définissant la quantité de molécules *produites* par unité de surface de S et par unité de temps, c'est-à-dire développées par évaporation ou dégazage, indépendamment des molécules incidentes diffusées.

Si l'on exprime la conservation des molécules, à savoir que l'émission totale en P de S est due à l'ensemble des molécules produites et diffusées on obtient

$$u(P) = \frac{1}{\pi}\iint_S u(P')\frac{\cos\varphi\cos\varphi'}{\rho^2}\,ds' + e(P). \tag{3}$$

La fonction $u(P)$ elle-même peut être toutefois connue *a priori* sur des portions données de S; une ouverture faisant communiquer avec un vide absolu équivaut par exemple à une paroi où $u(P) = 0$; même condition pour une portion de S où se condensent les molécules.

L'équation intégrale (3) permettrait en théorie de déterminer la fonction $u(P)$ d'où ensuite $n(M)$ d'après (2).

Rappelons qu'en théorie du potentiel l'équation déterminant la densité de double couche $u(P)$ en fonction de la loi de potentiel $V(P)$ sur S serait

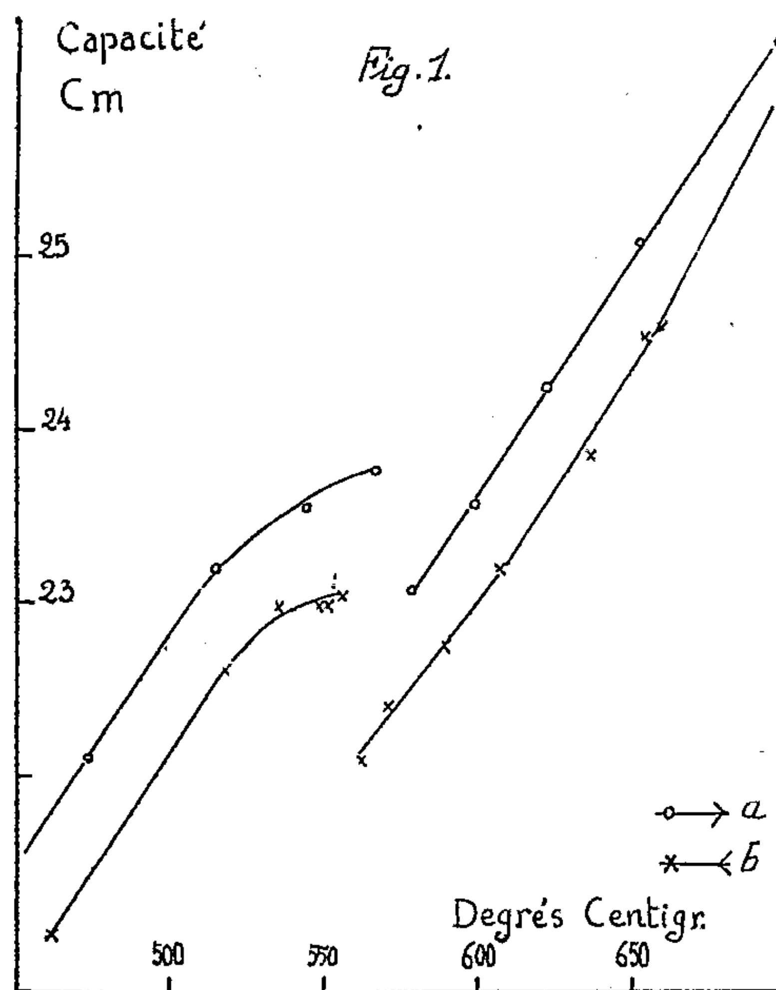
$$u(P) = \frac{1}{2\pi}\iint_S u(P')\frac{\cos\varphi'}{\rho^2}\,ds' + V(P).$$

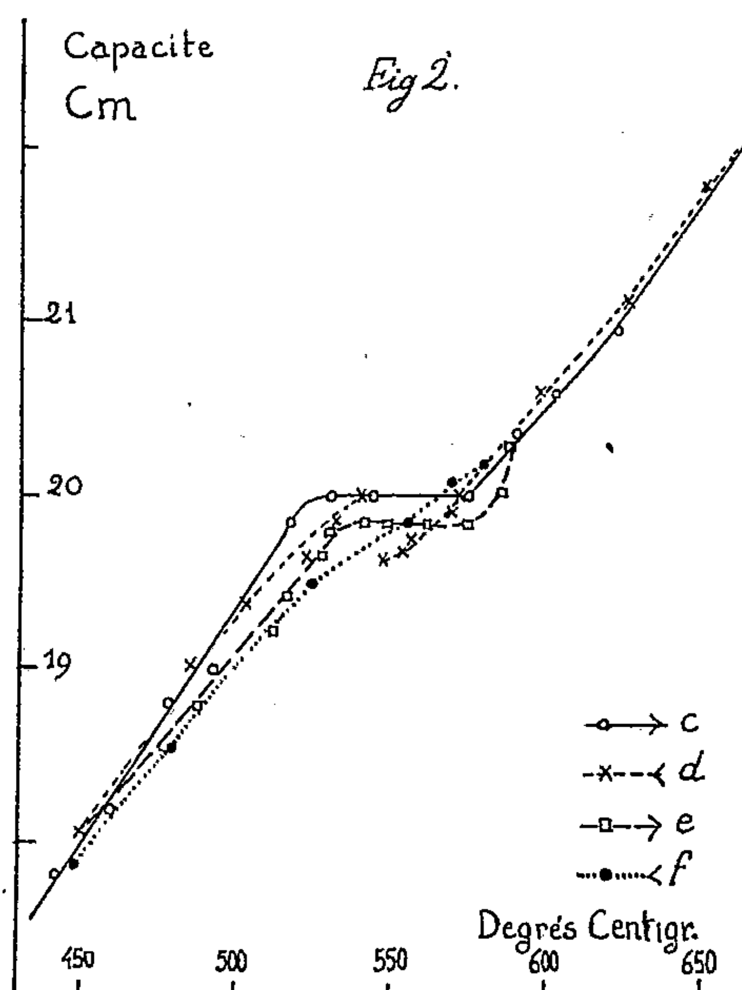
L'exemple le plus simple montrant les diverses fonctions mises en jeu dans ce qui précède est fourni par le cas de S sphérique. La loi de Lambert entraîne que les molécules émises par un point quelconque de la paroi retombent suivant une répartition uniforme sur le reste de la paroi et la loi de u peut s'écrire simplement $u(P) = K + e(P)$ ($K = \text{const.}$), les *trous* dans S étant assimilables à des sources négatives où l'on a $e(P) = -K$. La loi de distribution $n(M)$ peut alors se calculer directement à partir de la double couche $e(P)/W$, c'est-à-dire des données elles-mêmes, le terme constant K donnant une contribution nulle dans (2). On notera que la fonction $n(M)$ est plus grande au voisinage d'une source positive qu'à celui d'un *trou*, tandis que l'intensité de bombardement de la paroi garde elle, la même valeur, que ce soit au voisinage d'un trou ou d'une source d'intensité quelconque.

ÉLECTRICITÉ. — *La traversée du point de transformation αβ du quartz signalée par la constante diélectrique*. Note de M. **Jean-Pierre Pérez**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'effet de température sur la capacité d'un condensateur à lame de quartz révèle, entre 500 et 600° C, une singularité de la courbe, point anguleux, ou point d'inflexion avec ou sans inversion de pente, (¹), (²). Il s'agit du changement d'état αβ bien connu (transformation du premier ordre), qu'on situe généralement à 573° C. Les auteurs de cette observation ne semblent pas avoir voulu en tirer parti pour essayer de préciser comment survient la transition. C'est au contraire ce que j'examine ci-après.

La méthode employée est analogue à celle de (²), mais plus sensible. La fréquence est 1060 kc. L'observation porte sur le monocristal, sous forme de lames parallèles à l'axe optique, qui, même à ces températures élevées, ne présentent pas de conductibilité électrique gênante. Elles sont choisies soit parallèles, soit perpendiculaires à l'axe binaire. La vitesse de marche du four peut être réduite à 20° à l'heure





Le point de transformation partage la courbe en deux portions. Selon les échantillons, et selon le sens de marche de l'expérience, ces deux portions se raccordent continûment, ou bien il y a discontinuité.

(¹) Nakamura, *Science Rep. Tok. Univ.*, **22**, 1933, p. 615.
(²) Rahimi, *Thèse*, Paris, 1937.

1. *Cas de discontinuité* (*fig.* 1). — Ce cas est examiné d'abord. Il est plus simple et il est réversible : s'il se présente pour un échantillon, on l'observe dans le sens des températures croissantes (courbe *a*), et on le retrouve dans le sens inverse (courbe *b*).

Les deux portions se distinguent par la pente.

Il y a saut discontinu : tout le domaine intermédiaire est rendu insaisissable en raison d'une instabilité très caractéristique.

Le processus est d'allure réversible, avec cependant une hystérésis appréciable.

2. *Cas de continuité* (*fig.* 2). — Ce cas s'observe sur certains échantillons dans le sens des températures croissantes; on obtient un palier sensiblement horizontal. Quand, après, on suit le sens des températures décroissantes, on observe deux possibilités : ou bien le traitement a été prolongé jusqu'à des températures assez élevées (courbe *c*), ce qui a nécessité d'ailleurs un certain temps, ou bien on a eu soin de l'arrêter tout de suite à la fin du palier, au moment où la courbe amorce sa remontée (courbe *e*).

Courbe c. — La courbe *d* qui lui succède descend au-dessous du palier, puis apparaît brusquement une discontinuité analogue à celle étudiée dans le cas 1.

Courbe e. — La courbe *f* qui lui succède descend avec une pente plus faible, et le retour à l'état α passe inaperçu.

L'apparition d'une discontinuité sur la courbe correspond naturellement à la discontinuité de structure cristallographique, et indique une différence des susceptibilités électriques relatives aux deux variétés (précisons : dans le plan équatorial). La différence, corrigée de la variation des dimensions géométriques (qui est d'ailleurs d'effet inverse à l'effet observé), correspond à un écart qui est, selon les échantillons, de 2 à 3 unités de la deuxième décimale de la C. D. Notons que ce résultat est en accord avec ce que l'on sait de la modification que subit le carré de l'indice de réfraction aux fréquences optiques.

C'est probablement encore la différence de structure cristallographique qui commande la différence de pente des deux branches de la courbe.

En ce qui concerne les lames normales à l'axe, il n'a pas été possible pour l'instant d'obtenir les renseignements correspondants.

Quant au cas de continuité, il prend dès lors un caractère moins simple. Sans vouloir entamer un essai d'interprétation, je crois utile de signaler que, de l'ensemble des échantillons traités, il semble que le cas de conductibilité électrique marquée s'accompagne du caractère discontinu.

ÉLECTRICITÉ. — *Variations, en fonction du potentiel appliqué, de la résistance électrique des dépôts métalliques très minces aux basses températures.* Note (*) de MM. **Nicolas Mostovetch** et **Boris Vodar**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons mesuré la résistance électrique des dépôts très minces de divers métaux en fonction de la différence de potentiel appliquée, entre 293 et 2° K. Les écarts à la loi d'Ohm deviennent importants aux basses températures. Il s'agit d'un effet direct du champ sur les électrons de conductibilité du métal.

Nous avons signalé récemment de très gros écarts à la loi d'Ohm, à 4°,2 K, pour les dépôts métalliques très minces évaporés dans le vide. La présente Note fournit quelques précisions au sujet de ces écarts. Les différents dépôts se sont comportés très différemment du point de vue de la loi d'Ohm. Ceux que nous appellerons *normaux* suivent cette loi, jusqu'à quelques centaines de volts, à 293 et 78° K, lorsqu'il n'y a pas d'échauffement appréciable (résistance grande), ce qui a été le cas pour tous les résultats de cette Note; les écarts ne deviennent notables qu'au-dessous de 20° K (*fig.* 1 et 2). D'autres couches présentent de faibles écarts dès 293° K et ceux-ci croissent rapidement quand la température décroît (*fig.* 3). Les figures 1, 2 et 3 correspondent toutes à des

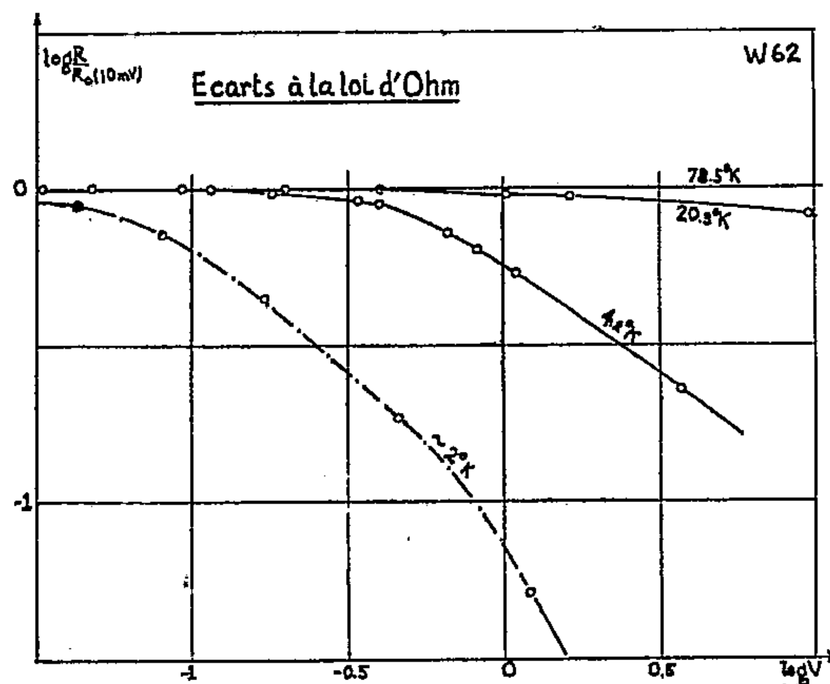


Fig. 1.

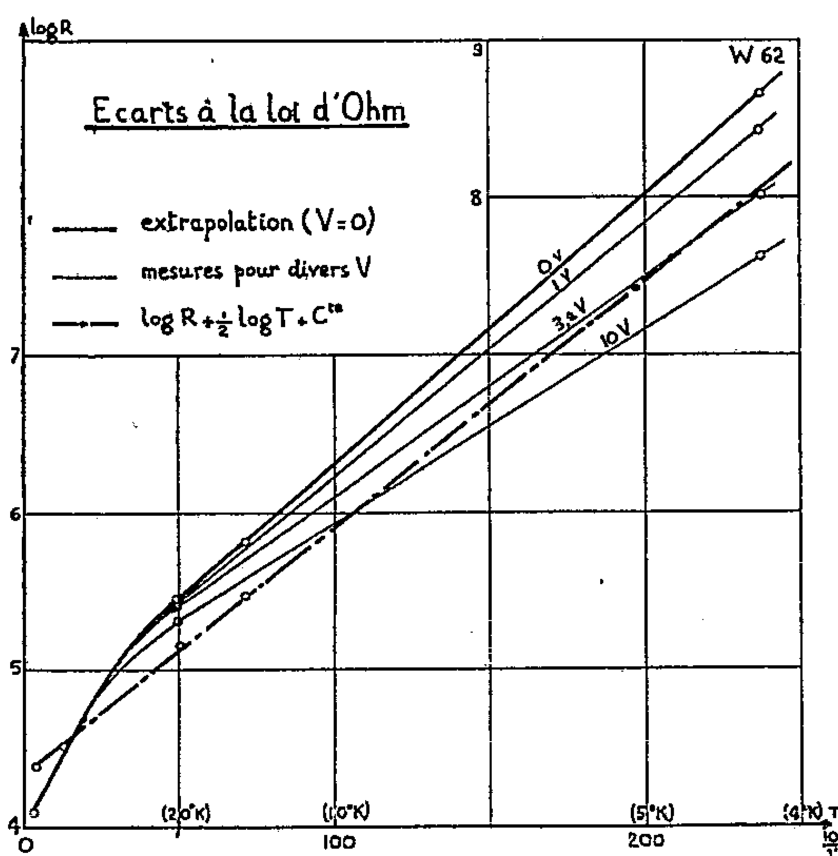


Fig. 2.

dépôts de tungstène sur la surface intérieure de tubes de verre de 15mm de diamètre, ces dépôts ne différant que par la vitesse d'évaporation; V est le potentiel appliqué, en volts; R_0, la limite de R pour $V = 0$; cette valeur limite n'est

(*) Séance du 27 février 1950.

parfois atteinte qu'à des potentiels très faibles (de 0,01 V), mais nous avons pu la mesurer, même à 4°,2 K dans le cas des résistances *normales* [1].

On constate que R_0 obéit à la relation $R_0 = AT^{-1/2}e^{\theta/T}$ [2] dans le cas des résistances normales, alors que les résistances anormales s'en écartent tout à fait. Or la non-validité de la relation précédente est vraisemblablement due à la non-uniformité de la couche; il est donc probable que la même cause provoque des écarts anormaux à la loi d'Ohm; dans ce cas, en effet, des champs élevés peuvent être appliqués aux régions de forte résistance.

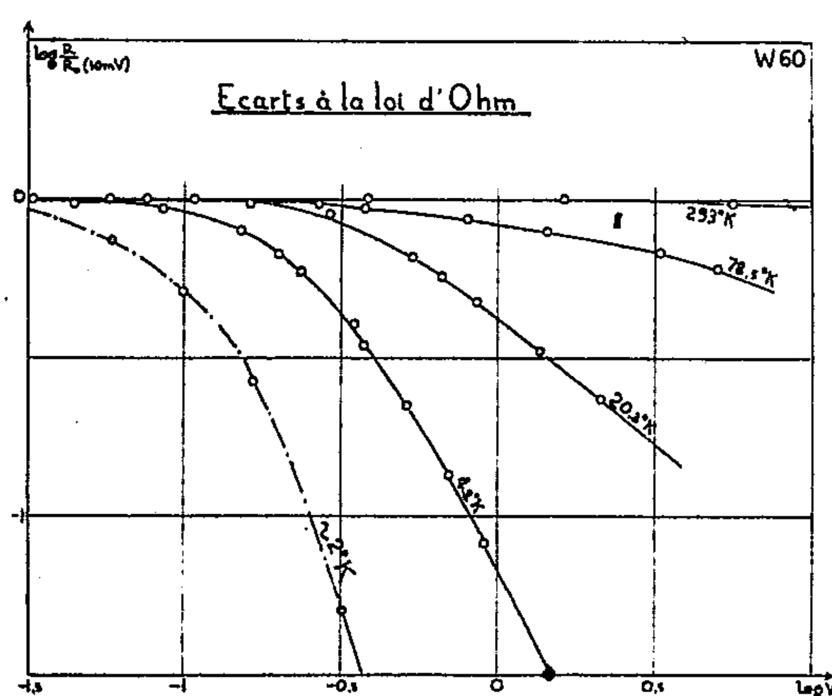


Fig. 3.

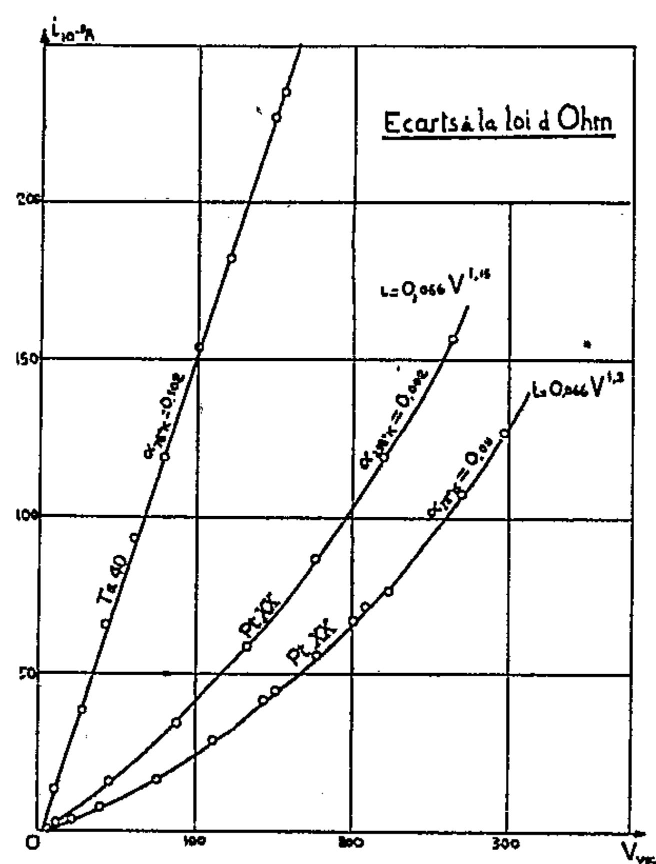


Fig 4.

La cause des faits observés ne saurait être un échauffement macroscopique de la résistance et de son support, car le calcul basé sur la conductibilité thermique du verre [3] montre que cet échauffement est négligeable, ainsi que nous l'avons déjà dit. Toutefois, ce calcul est incertain, car on ne connaît pas la résistance thermique du contact entre le dépôt et son support et si cette résistance était élevée on aurait évidemment un échauffement important de la couche par effet Joule. Mais, d'une manière générale, une élévation de la température ne peut expliquer les résultats signalés ici, car :

1° Il est facile de voir que dans le cas de l'effet Joule $\log(R_v/R_0)$ devrait croître au moins aussi vite que V^2 (du moins aux potentiels faibles), et cela ne correspond pas du tout à l'allure des courbes expérimentales.

---

(1) Les courbes relatives à 2°K sont très incertaines parce que la température n'a pas pu être maintenue suffisamment constante.

(2) P. Laine, B. Vodar, N. Mostovetch, M. Barbaron et R. Spöndlin, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 815-818.

(3) R. Berman, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 315-316.

2° L'échauffement devrait conduire, pour des dépôts différents, à des écarts à la loi d'Ohm d'autant plus grands que le coefficient $\Delta R/\Delta T$ est plus élevé; or l'expérience indique au contraire qu'il existe des couches où $\Delta R/\Delta T$ est grand et l'effet de potentiel peu important (*fig.* 4). Il s'agit donc bien d'une action du champ sur les électrons de conductibilité dont nous essayerons d'interpréter le mécanisme dans une prochaine Note.

ÉLECTRONIQUE. — *Théorie du spectrographe β à bobine courte.* Note (*) de M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Deux Notes récentes ([1]) ont exposé une théorie du spectrographe à rayons β, à isolement focal. Je l'applique ici au cas où le champ est produit par une bobine courte. Je compare ensuite cet appareil à ceux que j'ai étudiés précédemment :

1. Si la gorge de la bobine est de section carrée, la loi de répartition axiale du champ est très sensiblement la même ([2]) que pour un courant circulaire filiforme unique, de rayon ρ_2

$$\rho_2 = \rho_1\left(1 + \frac{b^2}{24}\right),$$

ρ_1 étant le rayon moyen de la bobine, b, le côté du carré de gorge. La répartition réelle du champ peut être représentée par une courbe en cloche de Glaser, dont les deux paramètres B_c, champ au centre et demi-largeur à mi-hauteur, a, sont donnés par

$$B_c = \frac{I}{2\rho_2}, \qquad a = \frac{\rho_2}{m},$$

I est le courant total; m peut être déterminé par la condition que les courbes aient la même largeur à mi-hauteur, ce qui donne $m = 1,30$ (on obtient un résultat très voisin, $m = 1,33$, en choisissant m, de manière à ce que la distance focale du modèle soit égale à celle de la lentille réelle, lorsque celle-ci est faible).

2. Si la gorge de la bobine est rectangulaire, avec une largeur radiale b, plus grande que l'épaisseur axiale c, la répartition axiale est la même ([2]) que si le champ était produit par deux courants circulaires coaxiaux et coplanaires d'intensités respectives $1/2$ et de rayons $\rho_2 + e$ et $\rho_2 - e$, avec

$$\varphi_2 = \varphi_1\left[1 + \frac{C^2}{24a^2}\right], \qquad e^2 = \frac{b^2 - c^2}{12},$$

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) Mlle Paquien et P. Grivet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 64-65; 1950, 230, p. 196-8.

([2]) T. R. Lyle, *Philosophical Magasine*, 6e série, 3, 1902, p. 310-329.

ce qui donne pour la cloche de Glaser, en posant $p = e/\rho_2$,

$$B_c = \frac{1}{2}\left[\frac{\rho_2}{\rho_2^2 - e^2}\right], \qquad a = \frac{\rho_2}{1,3a}(1 + 3,84p^2).$$

3. Définissant toujours la longueur du spectrographe L, comme la distance entre la source et son image gaussienne, on a

$$L = 2a \operatorname{tg}\left[\frac{\pi}{2}\sqrt{1 + \left(\frac{a}{D}\right)^2}\right]$$

avec $D = (8m/e)(\Phi/B_c^2)$, Φ étant l'énergie des rayons en électron-volts, m et e les constantes classiques de l'électron.

4. Pour appliquer les formules générales données précédemment ([1]) et calculer le rayon de l'anneau de focalisation, sa position, le pouvoir séparateur, il faut calculer les constantes d'aberration sphérique C_s et chromatique C_c; elles sont données par des formules générales de Glaser qui ici, prennent la forme

$$\frac{C_c}{a} = \frac{\pi K^2}{2(K^2+1)^{\frac{3}{2}}}\,\frac{1}{\cos^2\frac{\pi}{2\omega}},$$

$$\frac{C_s}{a} = \left(\frac{\pi K^2}{4(K^2+1)^{\frac{5}{2}}} + \frac{1}{4}\,\frac{4K^2-3}{4K^2+3}\sin\frac{\pi}{\varpi}\right)\frac{1}{\cos^2\frac{\pi}{2\omega}},$$

avec $K = a/D$.

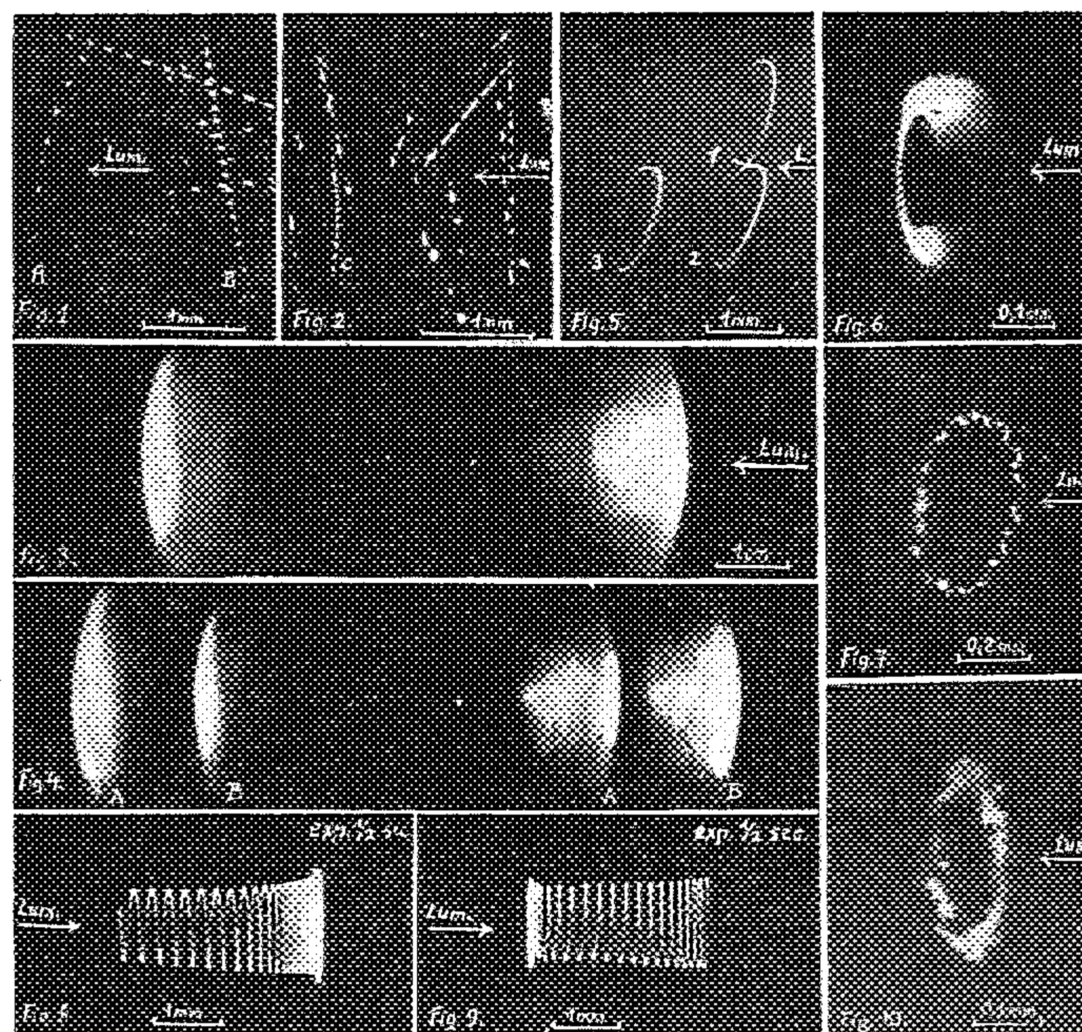
5. On trouvera sur le tableau suivant les caractéristiques comparées de différents spectrographes. On notera que l'appareil à bobine courte, s'il est le plus simple, n'offre qu'un pouvoir séparateur peu élevé. Le type proposé par K. Siegbahn paraît, dans l'ensemble, le meilleur.

Dans le tableau on a choisi les caractéristiques de l'appareil à champ uniforme, pris comme éléments de comparaison : le champ $B_0^2 = 1,429.10^{-10}(\Phi/L)$ en unités MKS. R; le rayon de focalisation $r_0 = L\alpha^3$, son décalage par rapport à l'image gaussienne $\Delta z_0 = -(3/2)L\alpha^2$; R l'écart maximum des rayons avec l'axe $R_0 = (1/\pi)L\operatorname{tg}\alpha$, le pouvoir séparateur $P_0 = 0,66\varepsilon^2$, ε étant l'épaisseur angulaire du faisceau de rayons; on a utilisé partout $\rho_2 = 1,3a$

	K^2.	$\frac{\rho_2}{L}$.	$\frac{B_c}{B_0}$.	$\frac{r}{r_0}$.	$\frac{\Delta_\varepsilon}{\Delta_{z_0}}$.	$\frac{R}{R_0}$.	$\frac{P}{P_0}$.
Bobine longue	–	–	1	1	1	1	1
Bobine courte (gorge à section carrée).	0,25	0,104	1,91	52,2	78,5	0,565	0,067
	1	0,325	1,27	7,95	11,9	1,25	0,36
	1,25	0,365	1,13	6,15	9,25	1,17	0,42
	3	0,377	1,91	2,09	3,14	0,645	0,66
K. Siegbahn	0,8	0,221	1,7	1,34	2,01	0,727	1
	3	0,325	2,2	0,58	0,87	0,785	2
	10	0,52	2,7	0,5	0,75	1,5	2,5

OPTIQUE. — *De la photophorèse et d'un effet de la lumière solaire provoquant une rotation de la matière dans le vide.* Note de MM. FÉLIX EHRENHAFT et ERNST REEGER, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Les figures 1 et 2 montrent à nouveau le phénomène de la photophorèse et de la rotation de la matière dans la lumière solaire pour des vides très poussés (environ 5.10^{-6} mm Hg) sur des particules dégazées, dans le cas d'un éclairement continu. La périodicité des trajectoires (fréquence A 500, fréquence B 3000, fréquence C 1500) montre le mouvement de rotation provoqué par la lumière. La courbure des trajectoires permet également de conclure à l'existence d'une force de photophorèse positive ou négative.



2. Les particules animées d'un mouvement hélicoïdal le long des trajectoires circulaires, conservent des heures durant, quand les conditions d'éclairement demeurent inchangées, une même place par rapport au rayon. Si l'on déplace l'ampoule arbitrairement sans modifier le rayon lumineux, les positions relatives des trajectoires et du rayon restent exactement les mêmes, c'est-à-dire que les trajectoires ont une position fixe par rapport au rayon. La figure 3 montre une ampoule éclairée par un rayon solaire horizontal. Dans le rayon on aperçoit les trajectoires circulaires de quatre particules (graphite, argon, 5 mm Hg). L'ampoule a été déplacée horizontalement à partir de sa position initiale (*fig.* 3), d'abord d'un centimètre vers la gauche (position A, *fig.* 4), puis ramenée à sa

position initiale et déplacée d'un centimètre vers la droite (position B, *fig.* 4). Le faible déplacement des trajectoires circulaires provient de la légère modification du rayon lumineux due au fait que la paroi de l'ampoule se comporte comme une lentille. Par contre si, l'ampoule restant fixe, on déplace le rayon lumineux lui-même d'une longueur quelconque horizontalement ou verticalement, ou dans la direction même du rayon lumineux, toutes les particules en mouvement conservent malgré cela, exactement la même position par rapport au rayon lumineux, c'est-à-dire qu'elles participent au mouvement du rayon lumineux (*cf. fig.* 5); 1° position initiale; 2° après déplacement du rayon vers le bas; 3° vers la gauche.

3. La périodicité du mouvement est toujours au moins double (*fig.* 6, objectif microscope ouverture numérique 0,3); elle représente un des nombreux cas où, l'observation visuelle permet aussi de constater l'existence d'un mouvement hélicoïdal en apparence stationnaire le long des trajectoires circulaires, on doit conclure pour un tel cas, que la fréquence du mouvement circulaire et la fréquence du mouvement hélicoïdal sont entre elles comme des nombres entiers. La figure 7 montre une triple périodicité : 1° mouvement circulaire (fréquence 25); 2° mouvement hélicoïdal (fréquence 400); 3° rotation propre (fréquence 1500).

4. Un affaiblissement de l'intensité lumineuse provoque un déplacement vers le foyer du plan des trajectoires des particules qui se trouvent dans la partie convergente ou divergente du rayon (*fig.* 8, trajectoire se déplaçant ainsi en lumière divergente); si l'on rétablit l'intensité lumineuse primitive, les trajectoires reviennent à leur position initiale (*fig.* 9). Si l'intensité lumineuse est suffisamment affaiblie, les particules, qu'elles se trouvent en lumière divergente ou convergente, traversent la zone focale et passent dans l'autre région du faisceau, où elles ne sont en général pas stables. Quelquefois on peut aussi observer des particules qui décrivent d'un mouvement stationnaire une trajectoire circulaire stable en lumière convergente et une trajectoire fermée compliquée en lumière divergente le phénomène inverse a également été observé.

5. Deux héliostats permettent de faire passer à travers l'ampoule deux rayons de soleil identiques, horizontaux superposés ([1]). On réussit ainsi en affaiblissant l'intensité du rayon supérieur, à faire tomber dans le second rayon des particules animées d'un mouvement rotatoire dans le rayon supérieur; ces particules reprennent dans le rayon inférieur un mouvement de rotation. On trouve :

a. Des particules qui, en lumière convergente dans le rayon supérieur, décrivent des trajectoires circulaires, décrivent encore des trajectoires circu-

---

([1]) FÉLIX EHRENHAFT, *Die Photophorese* (*Ann. der Phys.*, 56, 1918, p. 81).

laires dans le rayon inférieur, mais seulement en lumière convergente, alors qu'en lumière divergente elles tombent hors du rayon; et vice versa.

b. Le sens de parcours dépend du sens de la lumière et s'inverse avec lui. Pour des rayons identiques, les caractéristiques, diamètre et fréquence, demeurent inchangées.

6. Le phénomène décrit ici et dans nos précédentes communications s'observe aussi bien sur le graphite (corps noirs), que l'argent (*fig.* 10) (corps réfléchissants) et la poudre de plexiglas (corps transparents) et semble être une propriété générale de la matière observable, même sur des gouttes.

Pour ces expériences nous avons été assistés de Mlle E. F. Scheu et M. K. V. Desoyer.

Remarques sur la Communication précédente de MM. EHRENHAFT *et* REEGER, *par* M. **AIMÉ COTTON**.

Cette Communication reçue en novembre est publiée seulement aujourd'hui pour la raison suivante : j'avais reçu en même temps une deuxième Note signée des mêmes auteurs et il m'avait paru nécessaire d'examiner l'ensemble. En effet, j'avais eu l'occasion d'assister moi-même, à Vonges, en octobre, aux expériences de M. Tauzin qui m'avaient tout à fait convaincu que les phénomènes de photophorèse disparaissent dans le vide. Je lui avais demandé, dès cette époque, de m'envoyer une Note, celle qui a paru dans les *Comptes rendus* (230, 1950, p. 77).

Si l'on se borne, pour commencer, à la photophorèse simple, l'ensemble de la Note d'aujourd'hui permet d'énoncer la conclusion suivante :

Les clichés obtenus par MM. Ehrenhaft et Reeger sont parfaitement en accord avec les observations de M. Tauzin et les observations antérieures de Whytlaw-Gray (1). Le désaccord subsiste quant à l'interprétation des phénomènes observés aux très basses pressions. Seuls, d'ailleurs, les clichés 1 et 2 de la Note actuelle se rapportent à ces basses pressions.

SPECTROSCOPIE. — *Émission des bandes atmosphériques* $(A^1\Sigma_g^+ \rightarrow X^3\Sigma_g^-)$ *de* O_2 *dans l'oxygène pur*. Note de Mme **RENÉE HERMAN** et M. **CHARLES WENIGER**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les bandes à $v''=0$ du système $(A^1\Sigma_g^+ \rightarrow X^3\Sigma_g^-)$ de O_2 sont connues depuis longtemps en absorption dans le spectre solaire. L'émission de ce système a été observée par l'un de nous en présence d'hélium dans des conditions expé-

(1) *Cf. Smoke*; par WHYTLOW-GRAY et H. S. PATTERSON, Londres, 1932, p. 122.

rimentales décrites dans une Note précédente [1]. Il était intéressant de rechercher cette même émission dans l'oxygène pur.

Dans ce but, nous avons effectué une étude systématique du spectre de l'oxygène pur pour des pressions variant de 10^{-5} millimètre de mercure à 60 kg/cm². Pour les pressions supérieures à 1 kg/cm², les spectres ont été obtenus au Laboratoire du Grand Électro-Aimant de Bellevue, à l'aide d'une chambre métallique appropriée.

Pour les pressions faibles, les bandes négatives $O_2^+(A^2\Pi - X^2\Pi)$, $O_2^+(b^4\Sigma - a^4\Pi)$ et les raies de OI et OII sont bien développées. Ces dernières sont beaucoup moins sensibles à la présence d'impuretés que les bandes négatives. C'est ainsi que nous avons fréquemment observé une augmentation notable de l'intensité relative du premier système négatif en condensant les impuretés par refroidissement d'une partie du tube à décharge au début de son fonctionnement. De plus, l'absence des bandes atmosphériques permet d'observer dans l'infrarouge quelques bandes nouvelles telles que (1,3), (2,4), (1,4), (2,5), (3,6), (1,5), (2,6), (3,7), (0,5), (1,6), (2,8).

Lorsque la pression croît, l'importance des bandes atmosphériques augmente et semble passer par un maximum pour des pressions de quelques dizaines de centimètres de mercure, elles sont alors accompagnées seulement de raies de OI et d'un spectre continu s'étendant de 9 000 à 2 500 Å. Pour des pressions de l'ordre de 1 kg/cm, toutes les bandes disparaissent et seule subsiste l'émission de OI et OII. Lorsque la pression atteint 60 kg/cm, le spectre de OI s'efface à son tour progressivement et il ne reste plus que des raies élargies de OII, superposées à un fond continu.

Les spectres continus observés à faible et forte pression sont d'origine différente. Sous forte pression, le champ ionique a une valeur élevée et l'effet Stark qui en résulte abaisse le potentiel d'ionisation de l'atome d'oxygène au point que le spectre OI disparaît pratiquement en raison de l'élargissement considérable des raies correspondantes. Le gaz se compose pratiquement d'ions O^+, excités ou non, et le fond continu provient du freinage des électrons dans le champ des ions. Pour des pressions de l'ordre de quelques dizaines de centimètres de mercure, les raies de OI sont fines et les raies de OII inexistantes. L'excitation électrique est très faible puisque l'on n'observe ni bandes de O_2^+, ni raies d'arc à niveaux élevés. L'effet Stark interionique est certainement négligeable et l'émission par freinage d'électrons inexistante. Le spectre continu observé dans ces conditions est donc d'origine moléculaire. Il est peut-être dû à O_3.

Dans une telle hypothèse, on devrait trouver en émission des bandes analogues à celles observées dans l'absorption de l'ozone. De nombreuses

---

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 931.

bandes apparaissent effectivement tout le long du spectre et surtout dans l'ultraviolet proche. Elles sont toutes dégradées vers les grandes longueurs d'onde. Un certain nombre d'entre elles s'identifient aux bandes de Schumann-Runge de l'oxygène ([2]), mais de nombreuses autres ne semblent pas avoir été observées jusqu'ici. Elles sont différentes des bandes de O_3 trouvées par Johnson ([3]) et difficiles à classer en un schéma de vibration d'une molécule diatomique. Nous nous sommes assurés que cette émission ne provenait pas d'impuretés dégagées par les électrodes ou les produits servant à préparer l'oxygène en utilisant deux tubes différents : l'un comportant des électrodes de platine, l'autre, des électrodes d'aluminium. L'oxygène était préparé, soit par chauffage de permanganate de potassium sous faible pression, soit à partir du peroxyde de sodium. Dans tous les cas, on observe les bandes ultraviolettes signalées ci-dessus.

On peut montrer expérimentalement que l'excitation des bandes atmosphériques s'effectue par choc électronique. Il suffit pour cela de photographier une région voisine de l'électrode. Près de l'électrode, où les électrons ont une grande vitesse moyenne, l'intensité des bandes négatives est élevée, alors que plus loin où la vitesse des électrons est faible, on trouve uniquement les bandes atmosphériques et les raies de OI.

En résumé, les bandes atmosphériques et les bandes de Schumann-Runge peuvent être excitées par des chocs électroniques de faible énergie. En même temps, on observe un fond continu d'origine moléculaire et des bandes nouvelles qu'il reste à identifier.

RAYONS X. — *Note sur l'étude du spectre* K *du* Br *gazeux* (35). Note (*) de M. **Jacques Morlet**, transmise par M. Émile Henriot.

Une étude systématique des émissions X des éléments du Zn (30) au Kr (36) à l'état de vapeurs a été entreprise au laboratoire de Rayons X de la Faculté des sciences de Bruxelles. Le présent travail est relatif au Br (35).

La comparaison du spectre X de ces divers éléments à l'état solide et gazeux apporte de nouveaux renseignements expérimentaux utiles pour l'interprétation du mécanisme d'émission de certaines raies faibles.

Les techniques expérimentales ont été décrites ([1]) précédemment.

Le tableau ci-contre donne le résultat des mesures de longueurs d'ondes en U. X.

([2]) M. W. Feast, *Proceed. Physical Society*, (A), 62, 1949, p. 114.

([3]) *Proceed. Royal Society*, (A), 105, 1924, p. 683.

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) L. Groven, *Ann. de Phys.*, 4, 1949, p. 62.

Raies.	Zn (30) (¹).	As (33) (¹).	Auteur. Se (34).	Auteur. Br (35).	
α''_S	1443,43	–	1114,1	1044,2	réf.
α_S	1442,37	1182,9	1110,9	1042,8	
α'_S	1440,24	1181,0	1109,1	1046,5	
α_2	1436,04	1177,43	1106,52	(1041,66)	réf.
α_1	1432,22	1173,44	1102,48	(1037,59)	réf.
α''	–	–	1100,4	1035,0	
α'	1427,89	1170,3	1099,7	1034,7	
α_3	1426,89	1169,3	1098,8	1034,3	
α'_3	1426,17	1168,5	1098,5	1033,8	
α_4	1425,08	1167,6	1097,7	1033,0	
X_1	–	–	1000,8	–	
X_2	–	–	996,4	939,7	
β_3	–	1061,4	997,4	938,4	
β_0	1038,70	–	993,8	934,6	
β^V_I	1037,12	–	–	–	
X_3	1298,50	1059,6	–	932,4	
X_4	1296,38	1058,3	–	–	
β'_{II}	1291,17	–	–	–	
β_{13}	1292,61	1055,64	990,62	931,34	réf.
		1055,13	990,14	930,85	réf.
β_{10}	1290,45	1052,2	–	–	
β_7	–	1050,7	986,9	927,5	
β_6	–	1042,7	998,3	925,0	
β_5	1281,96	1046,6	982,4	923,3	
β_8	–	1044,4	–	920,8	
X_5	–	–	–	919,90	
β_2	1280,66	1042,6	977,8	918,9	
β_4	1279,36	–	976,7	917,5	
β''_{II}	1277+43	–	975,0	916	

1. *Satellites α de grande longueur d'onde.* — La raie α_s est en bon accord avec les mesures de H. Hulubei (²). La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus pour les éléments à l'élat solide nous semble justifier le rejet de l'hypothèse du mécanisme de la conversion interne du photon (élargissement des niveaux extérieurs dans le solide, arrachement de nombreux électrons des couches extérieures pour les atomes soumis à la décharge, impossibilité d'intégrer ces émissions dans un même diagramme pour les différents éléments étudiés).

Par contre, un bon accord théorique et expérimental entre le calcul par la méthode de perturbation de niveaux sous l'effet de l'ionisation multiple à partir des fonctions de Hartree nous conduit plutôt à attribuer ces raies à des

(²) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 770.

transitions satellites du saut quantique $K - L_1$. Du Zn (30) au Br (35), les émissions faibles se placent bien sur un même schéma.

2. *Satellites α de courte longueur d'onde.* — Je retrouve les satellites classiques α_1, α'_3, α_3 et α' mentionnés dans les travaux précédents (³). L'ensemble de ces raies prend place dans le schéma de double ionisation de Kennard et Ramberg (⁴).

3. *Satellites β de grande longueur d'onde.* — L'étude du Br comme toute émission de vapeur montre un grand nombre de satellites de cette catégorie.

L'ensemble des considérations développées pour les satellites nous a conduit à établir un schéma de double ionisation par rapport au saut interdit $K - M$ dans lequel la plupart de ces raies prennent place.

4. *Satellites β de courte longueur d'onde.* — Les raies β_2, β_6, β_7, β_8, β_5 sont en bon accord avec les mesures des auteurs précédents (⁵). Un affaiblissement sensible de la raie β_2 de l'émission X du gaz par rapport au solide peut s'interpréter en fonction de la forte densité d'ions existant au sein de la décharge.

Nos spectres montrent l'existence de deux émissions de plus courte longueur d'onde que β_2, elles sont de fréquence plus élevée que la discontinuité principale d'absorption.

D'après Y. Cauchois la raie β''' semble s'apparenter à l'émission existant pour les éléments plus lourds et qui correspond à une raie quadrupolaire KN_{IV}; N_V. Pour les éléments de $X < 37$ pour lesquels ces couches n'existent pas, on peut imaginer des transitions à partir de niveaux d'excitation ou *excitons* qui selon N. F. Mott et Y. Cauchois (⁶) se situent dans ce cas à quelques eV (peut-être moins) en dessous des bandes de conductibilité virtuelles pour les isolants et les semi-conducteurs.

Le fait que l'émission pour l'élément solide est obtenu par dépôt de KBr sur l'anticathode semble renforcer notre hypothèse.

Pour l'émission des éléments à l'état gazeux nous nous trouvons sans doute en présence de transitions entre des états excités des électrons de valence et le niveau fondamental K.

L'indice d'assymétrie est beaucoup plus grand pour les raies émises par les éléments à l'état solide (environ deux fois).

(³) SHAW et PARRATT, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 1006.

(⁴) *Phys. Rev.*, 46, 1936, p. 1044.

(⁵) H. HULUBEI, Y. CAUCHOIS et I. MANESCU, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 764.

(⁶) *Phil. Mag.*, 1949 oct., p. 1260. Références pour les raies principales. Y. CAUCHOIS et H. HULUBEI, *Tables de longueurs d'onde*, Paris, 1947.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement de conversion interne du* R Th. Note (*) de M[lle] **Georgette Albouy** et M. **Jean Teillac**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La mesure directe de l'intensité des rayonnements γ et L du R Th récemment effectuée par M. Riou (1), a permis de constater que des difficultés analogues à celles déjà signalées pour l'ionium (2), (3), (4), (5) existent pour le R Th. Rappelons que le R Th possède une structure fine intense montrant que 28 % des désintégrations laissent l'atome dans un état excité d'énergie 86,7 keV environ (6). Or il est possible de déterminer le nombre d'états excités par numération directe des γ et des électrons de conversion. L'étude du rayonnement γ a mis en évidence deux groupes γ d'énergie 83,3 keV et 86,8 keV d'intensité respective 1,8 et 0,7 quanta par 100 désintégrations (1). La numération des électrons de conversion a été faite par Surugue et Tsien (7) qui ont trouvé 6,5 électrons pour 100 désintégrations (électrons L_1 + électrons M_1). Au total l'étude des γ et celle des électrons de conversion ne donnent donc que neuf états excités par 100 désintégrations, chiffre en complet désaccord avec celui de la structure fine (28 par 100 désintégrations).

Du nombre d'électrons extraits de la couche L, trouvé par Surugue et Tsien, on peut prévoir que le nombre de photons L de réarrangement devrait être environ de 2,2 par 100 désintégrations. Or les mesures de Riou (1) montrent que l'intensité du rayonnement L est de 7 ± 1 photons par 100 désintégrations, ce qui laisse prévoir que la couche L est excitée 19 fois par 100 désintégrations. On était donc conduit à penser que le nombre d'électrons de conversion trouvé était insuffisant.

Nous avons repris le dénombrement des électrons de conversion par la méthode des *émulsions photographiques sensibles aux électrons* (plaques Ilford, type G_5 épaisseur 200^μ). Cette méthode nous ayant donné des résultats concordant avec ceux obtenus à la chambre Wilson pour l'Io (4), (5). Des plaques ont été immergées pendant 1 heure et demie dans des solutions acétiques 5 % contenant soit du R Th purifié, soit du R Th en équilibre avec ses dérivés. Le

---

(*) Séance du 20 février 1950.

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1225.

(2) I. Curie, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1225, et M. Riou, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 678.

(3) S. Rosenblum, M. Valadarès et J. Vial, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1088.

(4) J. Teillac, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1227.

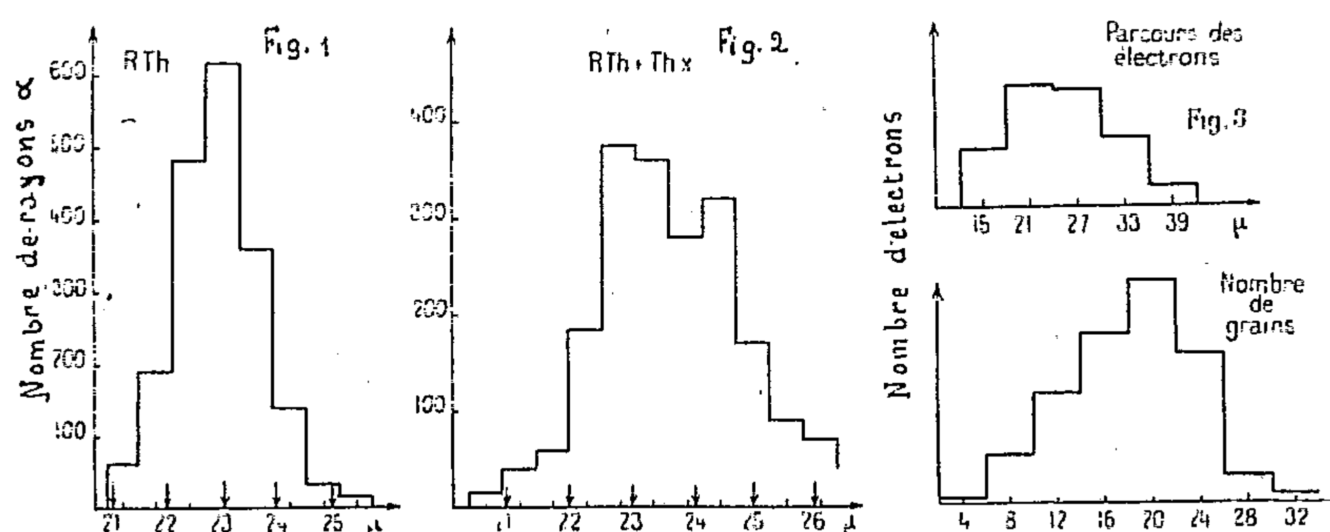
(5) G. Albouy, H. Faraggi, M. Riou et J. Teillac, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 435.

(6) S. Rosenblum, M. Valadarès et M. Perey, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 385.

(7) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 172.

R Th purifié était préparé suivant la méthode de Mme I. Curie et déjà signalée par Riou (¹).

Les figures 1 et 2 représentent les répartitions des parcours d'environ 4000$^{\alpha}$. Pour R Th purifié on ne constate qu'un maximum, le pouvoir séparateur de la plaque étant insuffisant pour permettre de distinguer deux groupes α dont l'énergie diffère de 86,7 keV. Par contre, entre Th X et R Th une différence de 250 keV environ fait apparaître deux maxima. On en déduit le parcours moyen des α du R Th et du Th X, soit $22,9 \pm 0^{\mu},1$ et $24,5 \pm 0^{\mu},2$. Nos résultats sont en bon accord avec ceux de Green et Livesey signalés par Feather (⁸). Cependant des mesures faites dans des émulsions type E_1 nous ont donné $22,4 \pm 0^{\mu},1$ pour R Th.



Les figures 3 et 4 donnent la répartition du parcours et du nombre de grains pour les trajectoires d'électrons ayant une origine commune avec celle d'un α (plaques contenant R Th purifié). Leur parcours moyen est d'environ 24^{μ}. L'énergie des électrons extraits de la courbe L étant d'environ 65 keV, le point correspondant à nos mesures se place bien sur la courbe *parcours-énergie* de Zajac et Ross (⁹). Par contre le nombre moyen de grains est en désaccord avec le travail cité (⁹), ceci peut d'ailleurs s'expliquer par des différences entre les émulsions (Ilford au lieu de N T 4 Kodak) et entre leurs traitements. Remarquons que ce même accord et cette même différence ont été constatés pour Io (⁵).

Nous avons relevé 141 traces d'électrons pour 1850$^{\alpha}$, soit environ 7,6 électrons par 100 désintégrations, chiffre très voisin de celui de Surugue et Tsien obtenu dans des conditions très différentes. Ceci confirme qu'un grand nombre d'états excités du R Th (65 % environ) ne sont, pour le moment, décelables que par la structure fine et que l'intensité du spectre L émis est notablement plus élevé que ne le laisse prévoir le nombre d'électrons extraits. Ces problèmes sont tout à fait semblables à ceux posés par l'Io. Il semble intéressant de faire

(⁸) *Nucleonics*, juillet 1949, Classical radioactivity.

(⁹) B. Zajac et M. A. S. Ross, *Nature*, **164**, 1949, p. 311.

remarquer de plus que, dans ces deux cas, le rapport nombre d'électrons de conversion/nombre de quanta est grand. Actuellement on pense, d'après la théorie de la conversion interne, qu'un rapport $Ne/N\gamma$ aussi grand implique un changement de spin très important entre les états excités. Or Rosenblum et Valadarès ont constaté que les intensités des raies de structure fine s'accordent très bien avec les intensités qu'on peut prévoir d'après la théorie de Gamow, si ce sont des transitions avec une variation de spin égale à 0 ou 1. Ces deux résultats sont incompatibles surtout en ce qui concerne la possibilité de transition avec un changement de spin égal à 1.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la sensibilisation photoélectrique du sulfure de cadmium.* Note (*) de M. **Werner Veith**, présentée par M. André Danjon.

Parmi les substances photoconductrices, la plus sensible que l'on connaisse actuellement est le sulfure de cadmium. On peut le produire sous forme de petits monocristaux ou de couches minces microcristallines ([1]). J'ai obtenu des couches de CdS par dépôt dans le vide; elles ont une épaisseur d'environ 10 μ et une surface de 30^{cm^2}. La sensibilité est obtenue par chauffage à environ 420°C seulement, la présence d'un excès de Cd dans le réseau de CdS étant le facteur important. Cet excès modifie les propriétés électriques de la couche exactement comme une impureté dans un semi-conducteur classique ([2]) Les courbes obtenues en portant le logarithme de la conductibilité en fonction de l'inverse de la température (*fig.* 1), sont des droites ou des droites coudées, dont la pente dépend de la quantité de Cd en excès. La pente correspond à une énergie d'activation thermique comprise entre 0,8 et 1 eV (courbe 2) pour les couches très sensibles. On peut détruire la photo-sensibilité complètement en chauffant dans la vapeur de S et l'on obtient alors des droites de pente plus forte (courbe A). Inversement, on peut améliorer la sensibilité d'une couche très résistante et peu sensible en la chauffant dans la vapeur de Cd. Un excès trop important de Cd conduit à des pentes peu inclinées et la sensibilité disparaît (courbe B).

Le procédé utilisé fournit en général des couches avec un excès de Cd un peu trop fort (courbe 1). Elles sont sensibles à température élevée, mais leur sensibilité décroît beaucoup quand la température s'abaisse (courbe 1 ph représentant la variabilité absolue de conductibilité, due à un éclairement de 300 lux dans la même échelle logarithmique). On peut modifier la sensibilité des couches en évaporant du cuivre qui diffuse dans le réseau cristallin à partir

(*) Séance du 27 février 1950.

([1]) R. Frerichs, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 594; K. Weiss, *Z. f. Naturforschung*, 2 *a*, 1947, p. 650; pour le rendement quantique, comparer H. Kallmann et R. Warminsky, *Ann. d. Phys.*, 4, 1948, p. 69.

([2]) *Voir* par exemple G. L. Pearson et J. Bardeen, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 865.

d'environ 350° C. Pour la même couche. la courbe 1 devient la courbe 2. La sensibilité à température ordinaire devient très grande (courbe 2 ph). La diffusion du Cu s'observe facilement en mesurant la conductibilité à 400° C pendant l'évaporation : la résistance augmente souvent dans le rapport de 1 à 20 en quelques minutes.

La figure 2 représente la sensibilité spectrale. Le CdS pur montre la distribution bien connue (courbe 1) avec le maximum à 500$^{m\mu}$. L'addition de Cu crée un nouveau maximum vers 600$^{m\mu}$ (courbe 2). La courbe 3 présente les deux maxima. Par activation, la couche jaune de CdS devient d'autant plus rouge

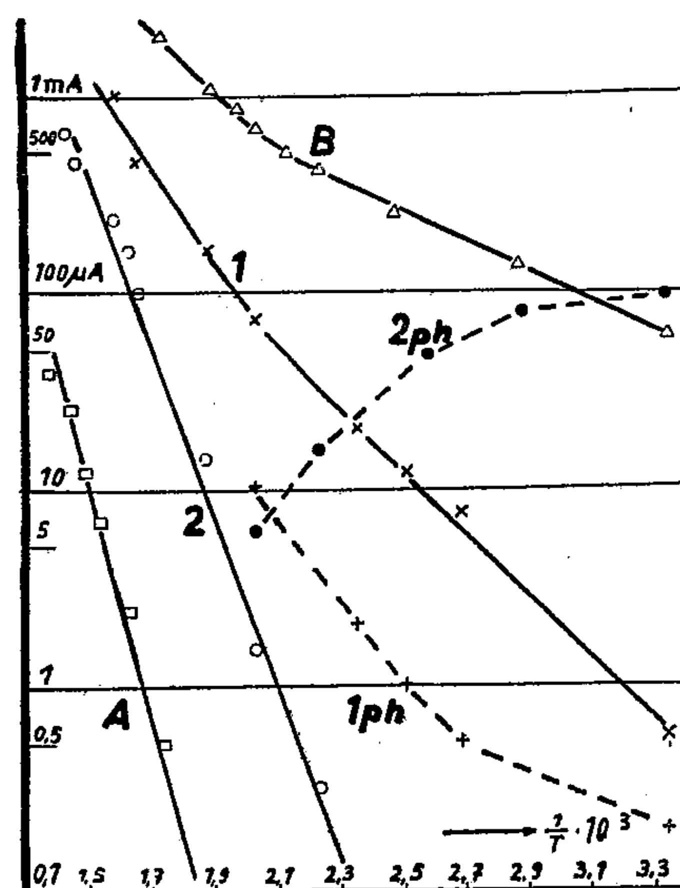


Fig. 1.

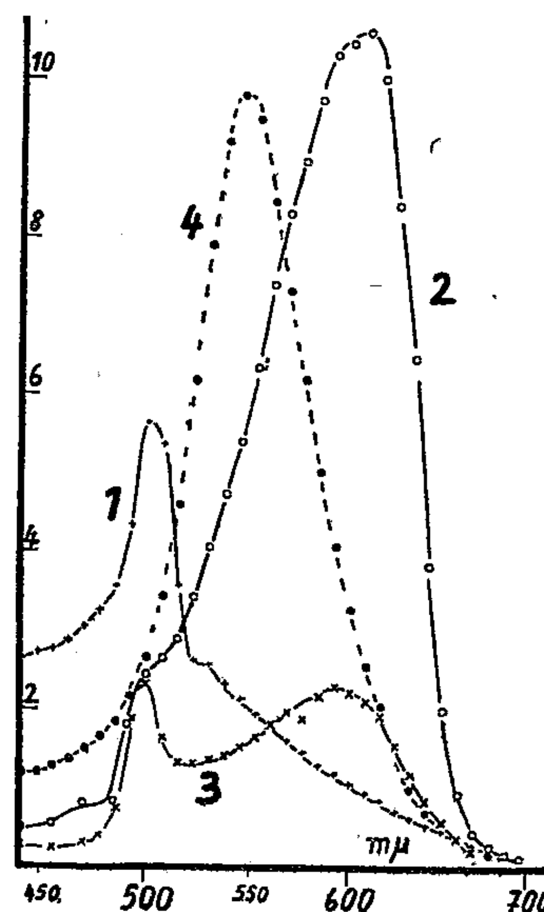


Fig. 2.

qu'on ajoute plus de Cu. D'autres métaux évaporés comme Cr, Au, Al et Sb n'activent pas la couche et ne changent pas sa couleur. Par contre, l'argent produit les mêmes effets que le cuivre : diminution de la conductibilité, augmentation de la pente et de la sensibilité; la couche devient rose et révèle un nouveau maximum à 545$^{m\mu}$ (courbe 4).

Il y a donc une activation du CdS par les métaux qui, précisément, activent les corps phosphorescents du type ZnS, CdS. La longueur d'onde limite de la photoconductibilité est toujours la même. L'effet photoélectrique est dû au CdS, Cd et il disparaît lorsque l'excès de Cd disparaît.

Deux autres propriétés du CdS sont fortement influencées par l'activation par le Cu : l'inertie et la linéarité de la réponse. L'inertie est fonction de l'éclairement (quelques secondes au-dessous de 1 lux); l'addition de Cu la diminue beaucoup (10^{-4} sec); la plus grande sensibilité se déplace alors vers les basses

températures où l'inertie redevient très importante. Ces faits semblent liés au rendement quantique anormalement élevé ([3]).

Le tableau I indique la réponse à l'éclairement. Les valeurs sont données pour des cellules ayant une distance entre électrodes de $0^{cm},5$ et une longueur de 5^{cm}, une tension appliquée de 100 V, la résistance d'obscurité étant plus grande que $10^{10}\ \Omega$.

Résistance R (en MΩ) et rapport de la conductibilité à l'éclairement (en $10^{-8}\ \Omega^{-1}\ \mathrm{lux}^{-1}$).

Éclairement en lux.	CdS pur.		CdS, peu de Cu.		CdS, beaucoup de Cu non refroidi.		CdS, beaucoup de Cu refroidi.	
	R.	$\frac{\sigma}{E}$.	R.	$\frac{\sigma}{E}$.	R.	$\frac{\sigma}{E}$.	R.	$\frac{\sigma}{E}$.
1..........	87	1,15	9,1	11	1250	0,08	3,85	26
10.........	13,3	0,75	0,56	18	33,3	0,3	0,37	27
100........	2,5	0,4	0,038	26	0,83	1,2	0,04	25
1000.......	0,5	0,2	0,003	30	0,038	2,6	0,006	16

Pour les cellules au Cu, le refroidissement augmente beaucoup l'inertie et la réponse qui devient alors presque linéaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'ionisation et la luminescence dans les flammes.* Note (*) de M. **Eugen Saenger**, Mme **Irène Bredt** et M. **Paul Gœrcke**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que les ordres de grandeur des nombres de chocs moléculaires nécessaires dans un gaz pour réaliser l'équilibre énergétique après une perturbation considérable d'état thermodynamique sont, suivant les degrés de liberté considérés, environ les suivants :

Degré de liberté...	Translation	Rotation	Oscillation	Dissociation	Ionisation
Nombre de chocs...	10^1	10^3	10^5	10^7	10^9

Immédiatement après une réaction chimique exothermique d'énergie E, nous admettons que dans la zone de réaction cette énergie est principalement libérée sous forme de vitesse de translation de module homogène $c_1 = \sqrt{2E/M}$.

Conformément au tableau ci-dessus, c'est au cours des 10 premiers chocs qui suivent la réaction que, dans le cadre des degrés de liberté de translation, on passera de la distribution homogène de vitesse à celle de Maxwell, avec établissement de l'équipartition de l'énergie entre ces degrés de liberté. La

([3]) R. W. Pohl et F. Stöckmann, *Ann. d. Phys.*, 6, 1949, p. 89.

(*) Séance du 13 février 1950.

vitesse quadratique moyenne sera alors

$$c_2 = \sqrt{3\frac{RT}{M}} = \sqrt{2\frac{E}{M}} = c_1.$$

Mais la répartition de Maxwell comprend, outre c_2, toutes les vitesses d'agitation thermique de zéro à l'infini; en particulier, des vitesses supérieures à la vitesse c_i, telle que l'énergie cinétique correspondante soit égale à l'énergie d'ionisation. La proportion N_i/N des particules de vitesse supérieure à c_i s'écrit pour des valeurs assez grandes de c_i/c_1

$$\frac{N_i}{N} = \sqrt{\frac{6}{\pi}}\frac{c_i}{c_1}e^{-\frac{3}{2}\left(\frac{c_i}{c_1}\right)^2}. \tag{1}$$

Le degré d'ionisation ne dépend donc que de c_1, c'est-à-dire de l'énergie de réaction E, mais non de la pression et de la température finales d'équilibre total. Son évolution peut encore dépendre d'autres causes secondaires : les réactions de combustion ne se déroulent pas simultanément partout et elles ont lieu parfois en chaîne; les grandes vitesses de la répartition de Maxwell, disparues du fait de l'ionisation, se reproduisent; des chocs électroniques et photoniques concourent à l'ionisation, etc. Néanmoins, les résultats calculés par la formule (1) concordent déjà par leur ordre de grandeur avec les valeurs très élevées expérimentales obtenues par mesure de la réflexion d'ondes électromagnétiques sur des flammes.

Au delà d'une dizaine de chocs, l'énergie de réaction se répartit peu à peu, suivant le tableau ci-dessus, sur des degrés de liberté de plus en plus nombreux, en maintenant constamment la répartition de Maxwell. Les conditions pour la recombinaison par chocs d'une ionisation effectuée étant très peu probables, cette recombinaison n'a lieu que lentement et l'on n'atteint qu'après 10^9 chocs environ les équilibres correspondant à l'équation de Saha. Avant établissement de l'équilibre définitif, il semble donc qu'il y ait en principe excès d'énergie de translation et d'ionisation, aux dépens surtout de la rotation et de l'oscillation.

Pendant le second état, où l'énergie de réaction n'est répartie selon Maxwell que sur les degrés de liberté de translation, tous les chocs de vitesse inférieure à c_i mais supérieure à une certaine limite c_l sont cependant capables de produire une excitation électronique passagère ($\tau = 10^{-8}$ sec). La proportion de particules de vitesse comprise entre c_l et c_i pouvant donc exciter la luminescence par choc, est alors :

$$\frac{N_l}{N} = \sqrt{\frac{6}{\pi}}\left[\frac{c_l}{c_1}e^{-\frac{3}{2}\left(\frac{c_l}{c_1}\right)^2} - \frac{c_i}{c_1}e^{-\frac{3}{2}\left(\frac{c_i}{c_1}\right)^2}\right] + \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_{x=\sqrt{\frac{3}{2}}\frac{c_l}{c_1}}^{\sqrt{\frac{3}{2}}\frac{c_i}{c_1}} e^{-x^2}\,dx. \tag{2}$$

Supposons à la limite que toutes ces particules rayonnent sans interruption

et de façon homogène avec la fréquence ν. Pour la section moléculaire Q optiquement efficace, on tire du quantum de rayonnement $\varepsilon = h\nu$ l'intensité du rayonnement émis par une molécule $I = \varepsilon/Q\tau$ et par suite l'intensité de luminescence de la masse gazeuse tout entière, qui dépend de la densité et du volume du gaz. L'expérience montre que l'intensité peut être, dans des proportions très considérables, supérieure à celle correspondant au rayonnement noir à la température définitive d'équilibre.

La luminescence chimique absorbée par toutes les particules voisines du lieu d'émission, n'atteint le plus souvent l'extérieur que pour une infime fraction. Elle se manifeste beaucoup plus en favorisant par chocs photoniques, dans la zone de réaction, l'établissement rapide des équilibres énergétiques dus aux chocs moléculaires.

Dans les combustions à haute pression, surtout dans le cas des fusées, l'extraordinaire intensité de la luminescence chimique permet de rendre compte de l'échauffement et de l'évaporation rapide des gouttelettes de carburant injectées, constatées expérimentalement et jusqu'ici inexpliquées. Ces considérations éclairent aussi de nombreux autres phénomènes intervenant dans les combustions, et dans les processus d'explosion et de détonation.

Il semble ainsi possible de reconnaître dans le mécanisme d'établissement de l'équilibre la cause commune de l'ionisation et de la luminescence des flammes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Isotherme 20° C du système ternaire : Eau-sulfate d'aluminium-Acide sulfurique*. Note (*) de M. **Henri Collet**, présentée par M. Louis Hackspill.

Étudiant à 25° C la solubilité du sulfate d'aluminium en fonction du titre en acide sulfurique de la solution, Wirth ([1]) avait observé une diminution rapide de la solubilité. Celle-ci était minimum pour une teneur en acide sulfurique de 52,25 % puis augmentait légèrement pour atteindre un maximum dans l'acide à 73,64 %. Wirth admettait que la première portion de la courbe correspondait à l'hydrate à 18 molécules d'eau et la seconde à un sel mono-acide.

Plus récemment Funaki ([2]) déclarait avoir obtenu, dans l'étude à 25° du système ternaire : Eau-sulfate d'aluminium-Acide sulfurique, un sulfate d'aluminium penta-acide.

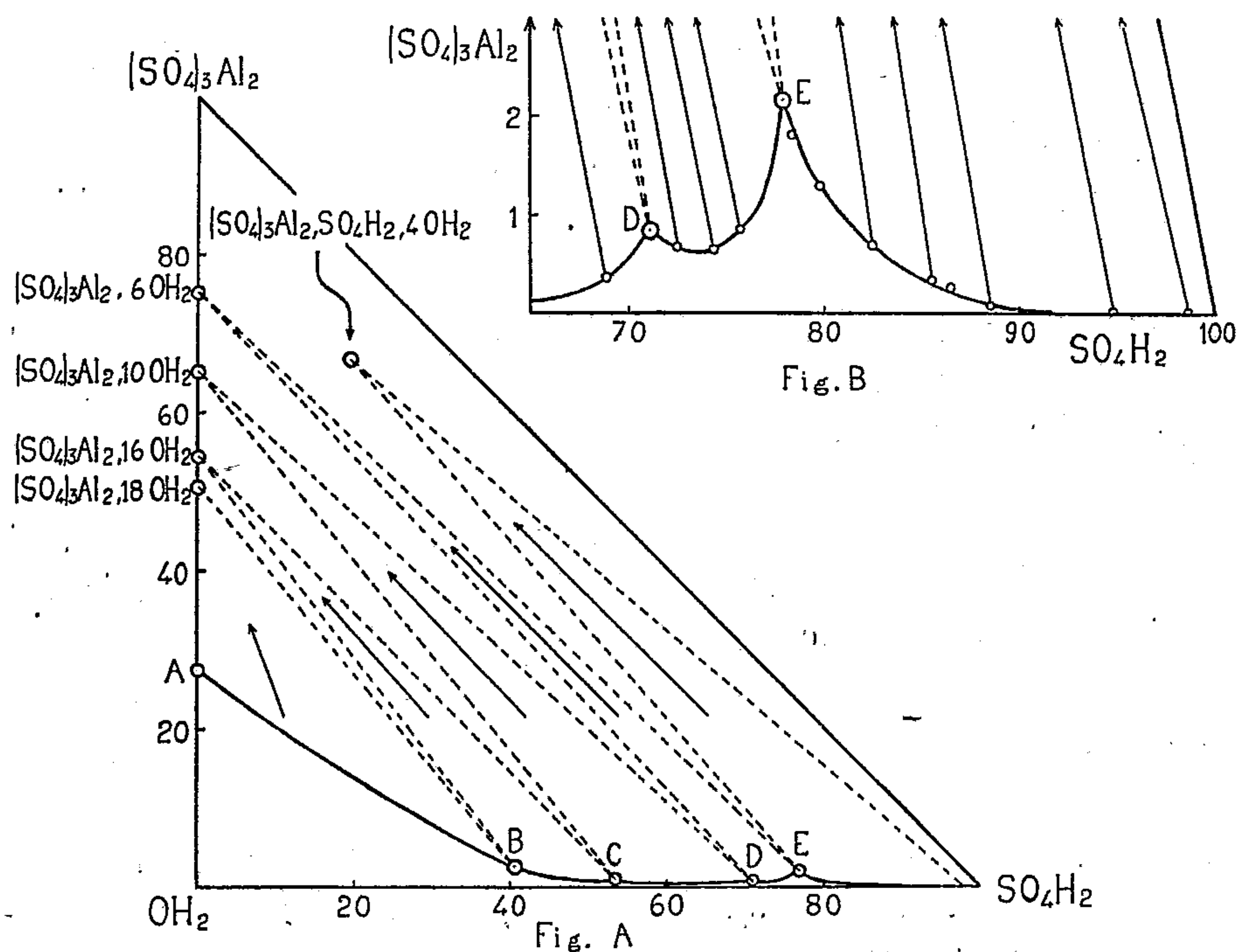
Utilisant les méthodes des restes et des ensembles, j'ai entrepris l'étude à 20° C de ce même système ternaire.

(*) Séance du 27 février 1950.

([1]) *Z. Anorg. Chem.*, 79, 1913, p. 360.

([2]) *J. Electrochem. Assoc. Japan*, 7, 1939, p. 144. (D'après *Chem. Zentr.*, 112, 1941, p. 1431.)

Les points obtenus ne sont pas portés sur la figure A ci-dessous, qui donne simplement l'allure d'ensemble des résultats. La figure B représente, à une échelle différente, la région du diagramme proche du sommet représentant l'acide sulfurique. Les points *solution* sont seuls portés, les points *ensemble* et les points *reste* sont, en dehors de la figure, sur les directions marquées par les flèches.



L'isotherme obtenue présente cinq branches :

La première AB, relative au $(SO_4)_3Al_2$, $18\,OH_2$, montre une rapide décroissance de la solubilité quand s'élève le titre en acide sulfurique.

La deuxième BC, plus réduite, correspond à l'hydrate immédiatement inférieur : $(SO_4)_3Al_2$, $16\,OH_2$.

La troisième CD, correspond à un autre hydrate : $(SO_4)_3Al_2$, $10\,OH_2$.

La quatrième DE, se rapporte au dernier hydrate : $(SO_4)_3Al_2$, $6\,OH_2$.

La cinquième EF est relative à un composé ternaire. En effet, les droites *solution-reste* et *solution-ensemble* se coupent, à l'intérieur du triangle, au point représentatif du sel mono-acide hydraté de composition : $(SO_4)_3Al_2$, SO_4H_2, $4\,OH_2$. Ce dérivé, à solubilité non congruente, est obtenu pour des titres en acide sulfurique supérieurs à 77,5 % et atteignant 98,7 %. Cette dernière composition est celle de la solution la plus riche en acide sulfurique qui ait été obtenue. Les deux derniers points *solution* proviennent d'ailleurs d'ensembles qui n'ont pu être réalisés qu'à partir d'oléums, à 10 et 20 % d'anhydride libre, et de sulfate d'aluminium hydraté en proportions convenables.

On retrouve ainsi, par voie humide, tous les hydrates du sulfate d'aluminium que Krauss et Fricke (3) avaient obtenus par déshydratation sous l'action de la chaleur. Seul le sel anhydre manque à cette liste.

A la température de 20° et jusqu'à une teneur en acide sulfurique de 98,7 %, je n'ai pas obtenu d'autre sel acide que le sulfate acide d'aluminium de formule : $(SO_4)_3Al_2, SO_4H_2, 4OH_2$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation électrolytique de deux composés oxygénés du vanadium.* Note de MM. **Jean-Lucien Andrieux** et **Henri Bozon**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons obtenu récemment (1), par électrolyse ignée, plusieurs composés du vanadium trivalent possédant la structure des spinelles.

La même méthode a été appliquée aux bains fondus de borates alcalins contenant en dissolution de l'anhydride vanadique et des quantités notables de magnésie ou d'oxyde de lithium introduit sous forme de carbonate.

Nous avons opéré dans les conditions suivantes :

Nos des essais.	Composition moléculaire du bain.	Temp. moy.	Int. moy.	Tens. moy.	Durée.	Anode.	Cathode.	Produit obtenu.
		°	A	V	h			
1....	$2B_2O_3, Na_2O + 1,5NaF + 2MgO + \frac{1}{4}V_2O_5, Na_2O$	950	15	3,5	1.30	Tige carbone	Creuset carbone	V_2O_3, MgO
2....	$2B_2O_3, Na_2O, 2Li_2O + LiF + \frac{1}{10}V_2O_5$	760	10	2,3	1	Creuset carbone	Tige carbone	$2V_2O_3, Li_2O$

Le bain n° 1 repris, après l'électrolyse, par de l'acide chlorhydrique dilué laisse déposer des cristaux octaédriques noirs et brillants. L'analyse chimique montre qu'il s'agit du composé $V_2O_3.MgO$.

L'examen aux rayons X de ce produit (2) nous a permis de l'identifier avec le spinelle vanadium-magnésium signalé par Rüdorff et Reuter (3). Le paramètre mesuré est $a_0 = 8,37$ Å, la densité théorique 4,24, la densité picnométrique d_{20} 4,16.

Le bain n° 2, repris dans les mêmes conditions, conduit à des octaèdres noirs dont la composition chimique répond à la formule : $2V_2O_3.Li_2O$. A notre connaissance, l'existence de ce corps n'avait pas encore été signalée.

Un examen aux rayons X montre que les atomes de vanadium et de lithium

(3) *Z. Anorg. Chem.*, 166, 1927, p. 170.

(1) J. L. Andrieux et H. Bozon, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 565-566.

(2) Étude effectuée avec la collaboration de M. Bertaut au laboratoire de M. Neel.

(3) *Zeits. anorg. Chem. Dtsh.*, 253, 1947, nos 3-4, p. 177-193.

sont répartis au hasard sur les sites des cations d'une structure du type NaCl. Un phénomène analogue a été signalé par Posnjack et Barth ([4]) dans le cas du ferrite de lithium $Fe_2O_3 . Li_2O$.

La formule $2 V_2O_3 . Li_2O$ oblige à admettre que la structure est lacunaire en ce qui concerne les cations. Le paramètre mesuré est $a_0 = 4,10$ Å.

La densité calculée, dans l'hypothèse d'un empilement d'oxygène compact et de lacunes de cations, est de 4,51, ce qui est un bon accord avec la densité picnométrique trouvée égale à 4,42.

Les propriétés chimiques de ces deux composés sont celles de l'oxyde de base V_2O_3 et semblables à celles des quatre spinelles déjà signalés par nous ([1]).

RADIOCHIMIE. — *Molécules formées lors de l'irradiation, par neutrons, de bromures organiques.* Note (*) de M. **Pierre Süe** et Mlle **Andrée Noùaille**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La plupart des irradiations faites par des neutrons sur des complexes ou sur des molécules organiques, ont été effectuées en vue de la préparation de radioéléments. Dans la réaction (n, γ) sur une molécule organique bromée par exemple, le radiobrome formé lors de la capture du neutron est éjecté de la molécule (effet Szilard-Chalmers) et peut être par suite, aisément extrait. Quant aux transformations que peut subir le bromure organique, on ne s'en est que rarement préoccupé. C'est ce problème que nous avons abordé en partant des deux bromures C_2H_5Br et $C_2H_4Br_2$.

On peut supposer très simplement que, lors du recul de l'atome de radiobrome, il y a aussi une destruction des groupements organiques $CH_3CH_2—$ et $—CH_2—CH_2—$. Des radicaux libres peuvent apparaître et réagir tout de suite avec le radiobrome dissous dans le milieu. Ainsi de nouvelles molécules seraient formées et l'on pourrait les déceler par l'isotope radioactif qu'elles contiennent. En fait, on peut penser que d'autres réactions se produisent aussi : union de deux radicaux libres par exemple, mais comme ces molécules ne contiennent pas de radiobrome, elles ne sont pas observables dans ces expériences.

Pour rechercher les composés bromés qui peuvent se former nous avons fait appel à la distillation, mais, étant donné que les molécules sont en très petit nombre, on ne peut songer à les séparer par les méthodes usuelles. D'autre part, la technique des entraîneurs utilisée par les radiochimistes et qui consiste à ajouter la molécule inactive pour entraîner par distillation la molécule active ne peut être envisagée ici, car l'on ignore la nature des

([4]) *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 2234-2239.

(*) Séance du 13 février 1950.

produits formés et l'on ne sait par suite quelle substance choisir comme entraîneur.

Nous avons imaginé d'utiliser un entraîneur continu, mélange inséparable de carbures de C_6 à C_{14} dont la courbe de distillation (*fig.* 1) est une droite assez régulièrement croissante. A toutes températures comprises entre 30° et 180° un mélange de carbures distille jouant le rôle d'entraîneur. Pour vérifier l'efficacité de cette technique nous avons distillé une trace de $C_2H_5Br^*$

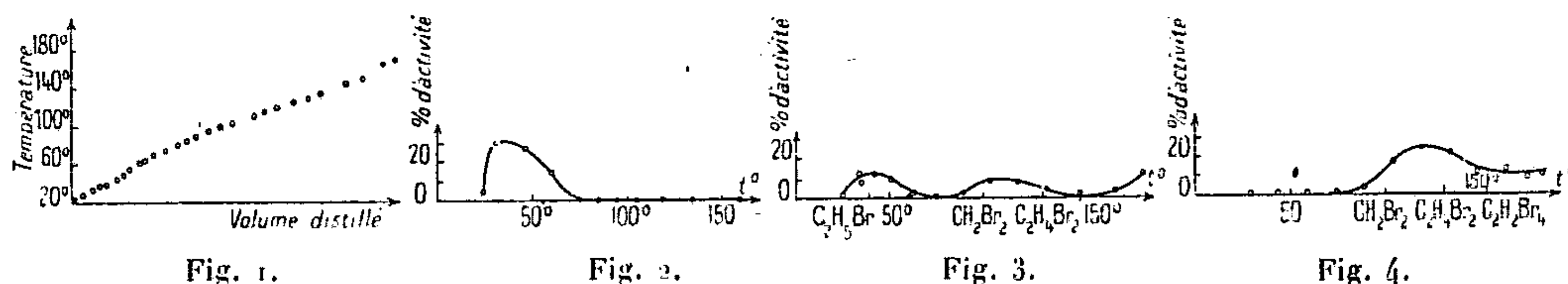


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

pur, préparé par synthèse en faisant agir en tube scellé et à 100° $AgBr^*$ et C_2H_5I. Les opérations se font dans un ballon de 50^{cm^3} de capacité surmonté d'une colonne de Vigreux de 20^{cm} de hauteur. La courbe (*fig.* 2) obtenue sur 20^{cm^3} de carbure mêlés à $0^{cm^3},005$ de $C_2H_5Br^*$ indique, en fonction des températures, les pourcentages de $C_2H_5Br^*$ trouvés dans le distillat : ce dernier passe entre 30° et 60°, bien que son point d'ébullition soit 38°. Cet étalement est dû en partie au fait que les prélèvements sont discontinus et sans doute aussi à l'efficacité insuffisante de la colonne. Quoi qu'il en soit, pour le moment, nous avons pu obtenir avec C_2H_5Br et $C_2H_4Br_2$ irradiés, des courbes très différentes qui révèlent des zones correspondant à d'autres molécules.

Les deux bromures irradiés à la pile de Châtillon furent traités par une solution aqueuse de SO_3NaH pour extraire le brome libéré, puis séchés et distillés avec l'entraîneur. Les courbes de la figure 3 montrent que C_2H_5Br présente deux bosses suivies d'une activité d'environ 10 % vers 180°. L'activité de $C_2H_4Br_2$ s'étale entre 90° et 140° pour rester constante et égale à environ 10 % de l'activité totale.

A ces bandes de température doivent correspondre plusieurs bromures. Pour choisir parmi eux, nous n'avons retenu, pour le contrôle ultérieur que ceux dont la probabilité de formation nous paraissait élevée. C'est ainsi que pour CH_3CH_2Br nous pensions que la bande de température 90-130° pouvait indiquer la présence de CH_2Br_2 et même $CH_2Br — CH_2Br$. Ces molécules pouvant résulter de la bromuration de radicaux CH_2 libérés dans une rupture de $CH_3 — CH_2 —$ ou de la substitution de Br à un hydrogène d'un CH_3.

Le contrôle de ces hypothèses a été effectué ainsi. A 2^{cm^3} de $C_2H_5Br^*$ on ajoute 2^{cm^3} de CH_2Br_2. Dans une première distillation macroscopique, on ne retient que le cœur que l'on redistille en présence de 2^{cm^3} d'entraîneur. Une troisième distillation est encore effectuée de la même manière. Ayant trouvé pour CH_2Br_2 des activités constantes à la deuxième et troisième distillation

(11,6 et 9,6 %), nous pouvons admettre que CH_2Br_2 était bien dans le bromure d'éthyle. En opérant de la même façon avec $CH_2Br—CH_2Br$ comme entraîneur nous avons obtenu des activités ayant pour chacune des trois distillations les valeurs suivantes : 18, 17, 18 %. La présence de CH_3Br n'a pu être nettement mise en évidence, en effet les valeurs pour les deuxième et troisième distillations sont différentes (9 et 4 %).

Sur le bromure d'éthylène irradié, nous avons trouvé en procédant de même $CH_2Br_2 = 4\%$ (12,3-5,8-4,4-3,5) et, en distillant sous un vide de 15^{mm} de mercure, $CHBr_2—CHBr_2 = 4\%$ (7-6,5-4-4 %).

En fin de distillation à 180°, l'activité trouvée dans le ballon est d'environ 10 %. Celle-ci peut être due à la formation de produits bromés lourds, ou à la présence de brome provenant de la décomposition des bromures lors de la distillation.

Ce travail est à rapprocher de celui de Glückauf et Fay (1) où ces auteurs avaient également observé la formation de nouvelles molécules. Ils effectuaient leur distillation en ajoutant directement au produit irradié, un bromure entraîneur.

RADIOCHIMIE. — *Rendement radiochimique de l'émission ultraviolette dans les gaz traversés par les particules α.* Note (*) de Mme **Solange Lormeau**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Le passage des particules α dans les gaz provoque une importante émission d'ultraviolet imputable, ainsi que nous l'avons vu (1) à des désactivations atomiques.

Nous nous sommes proposé de déterminer le rendement radiochimique du phénomène dans le cas de l'air, c'est-à-dire le rapport du nombre de photons ultraviolets émis par ce gaz sous l'influence du rayonnement total d'une source de polonium au nombre de paires d'ions produites correspondantes.

Le nombre de photons émis a été déterminé au moyen d'un photo-compteur à CuI/alcool dont les sensibilités spectrales et absolues devaient être préalablement mesurées. Les rayons α étaient convenablement diaphragmés et canalisés de manière à obtenir un faisceau sensiblement parallèle tombant sur la photocathode et faisant avec l'horizontale un certain angle θ.

Nous avons noté pour chaque angle de visée ($0 < \theta \leq \pi/2$) le nombre N de décharges correspondant par minute et tracé la courbe $N = f(\theta)$. L'intégrale

---

(1) *J. of Chem. Soc.*, 1, 1936, p. 390.

(*) Séance du 20 février 1950.

(1) R. Audubert et S. Lormeau, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 318-320.

de cette courbe donne le nombre de décharges relatif à un quart de zone sphérique ayant sensiblement 1^{cm} de hauteur et découpée sur une sphère de rayon $R = 4^{cm}$ (parcours des rayons α dans l'air à la pression atmosphérique). On en a déduit le nombre total de décharges correspondant à toute l'hémisphère activée par les particules α.

Pour atteindre la sensibilité absolue des photocompteurs utilisés, nous avons repris une méthode mise au point par J. Mattler ([2]) permettant de déterminer avec précision la sensibilité absolue pour 2300 Å. Connaissant d'autre part la courbe de sensibilité à énergie égale on a pu en déduire la variation de cette sensibilité absolue avec la fréquence. On connaissait donc pour chaque longueur d'onde le nombre de photons nécessaires en moyenne pour provoquer une décharge.

Par ailleurs le spectre de l'émission du polonium dans l'air a été déterminé.

En tenant alors compte de ces deux dernières données, on obtient pour chaque longueur d'onde la réponse du compteur lorsqu'il est placé directement devant la source en l'absence de tout monochromateur, donc la répartition d'un nombre total de décharges N dans le spectre.

En multipliant le nombre n_1 de décharges relatif à λ_1 par la sensibilité absolue pour cette longueur d'onde, on obtient enfin le nombre total de photons correspondant à l'émission. Ce nombre est compris entre 8.10^7 et 10^8 par minute.

Le nombre total de paires d'ions produits par minute par notre source radioactive (9600 U. E. S.) était de 6.10^{14}. Le rendement radiochimique du phénomène est donc

$$\frac{8.10^7}{6.10^{14}} < \rho < \frac{10^8}{6.10^{14}},$$

c'est-à-dire compris entre 10^{-7} et 2.10^{-7}.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Note sur la précipitation et le dosage du béryllium à l'état d'oxyde.* Note de Mme **Thérèse Dupuis**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans une publication antérieure ([1]) j'ai examiné les courbes de thermolyse des trois sortes de précipités (hydroxyde, sulfate, phosphate ammoniacobéryllien) qui permettent de donner la température minimum correcte pour la pesée en vue du dosage du béryllium. La variété d'hydroxyde alors précipitée était préparée à l'aide d'ammoniaque, à froid; on sait que dans ces conditions on obtient un précipité difficile à filtrer et l'oxyde résultant ne pouvait avoir un poids constant qu'au-dessus de 951°; certains auteurs indiquent

---

([2]) Thèse de Doctorat, Paris, 1946.

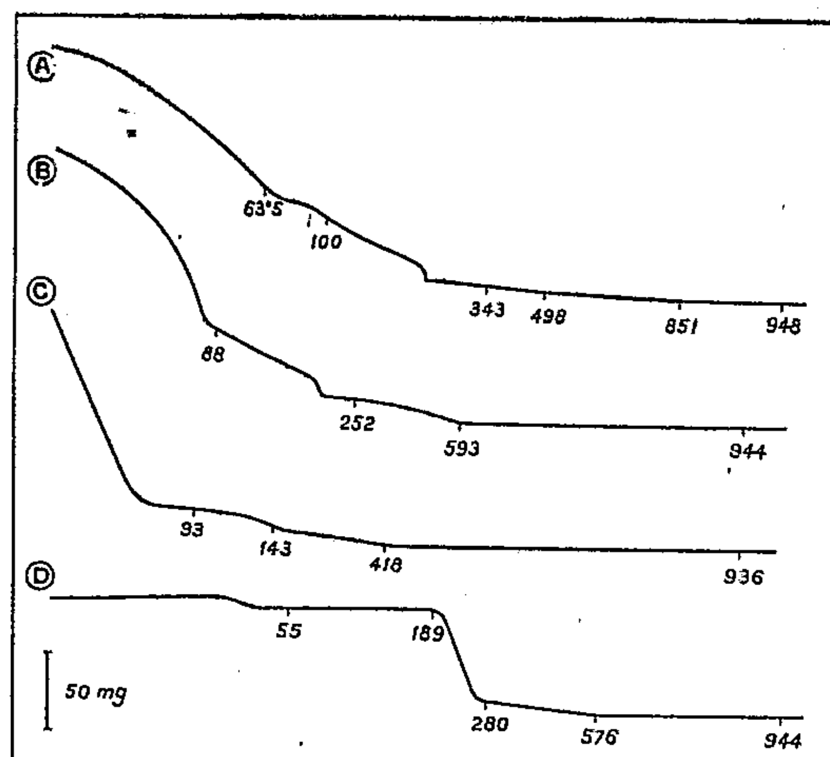
([1]) T. Duval et C. Duval, *Anal. Chim. Acta*, 2, 1948, p. 53.

même 1200° pour être bien certains que l'oxyde calciné ne reprend pas d'humidité au cours des opérations habituelles de la pesée.

Il m'a paru intéressant de comparer les courbes obtenues à l'aide de la thermobalance de Chevenard, pour des précipités d'hydroxydes préparés dans des conditions variées, ceci dans le double but de trouver un meilleur précipitant que l'ammoniaque et d'aboutir à un oxyde pur à la plus basse température possible, de façon à réaliser commodément un dosage automatique du béryllium.

Le tableau ci-dessous indique les différents précipitants essayés; ceux qui sont marqués d'un astérique servent pour la première fois. D'ailleurs, on voit sur la figure, les courbes de thermolyse (variations de poids en fonction de la température) de l'hydroxyde préparé avec l'ammoniaque, à froid (A), avec l'ammoniaque, à chaud (B), avec le gaz ammoniac (C) et avec la soude par la méthode d'Haber et Van Oordt (²) (D).

Réactif précipitant.	Température en °C.	Réactif précipitant.	Température en °C.
Ammoniaque, à froid	851	Mélange iodure iodate	925
Ammoniaque, à l'ébullition	595	Carbonate d'ammonium	817
*Ammoniac à 15°	418	α-Picoline	1000
*Cyanate de potassium	922	Mono-éthylamine	780
*Benzoate d'ammonium	885	Carbonate d'hydrazinium	1000
Hexaméthylène tétramine	1000	Sulfure d'ammonium	592
Acide sélénieux	900	*Sulfite de sodium	970
Nitrite d'ammonium	1000	Soude (Haber et Van Oordt)	576
Tannin	571	Soude (Britton, Gmelin)	866
Carbonate de guanidinium	555	Oxine	824



Ce tableau et ces courbes appellent les remarques suivantes :

(²) F. Haber et G. van Oordt, *Z. anorg. Chem.*, 38, 1904, p. 377; 40, 1904, p. 465.

1° Avec la soude seulement comme précipitant, on observe en D un palier horizontal allant de 25 à 180°, s'accordant avec l'existence de l'hydroxyde $(HO)_2Be$; toutefois, si l'on prend le carbonate d'ammonium, le précipité possède la formule $(HO)_2Be.OH_2$. L'ammoniaque, à chaud, et le gaz ammoniac fournissent des courbes ne signalant la composition $(HO)_2Be$ que par un changement de direction entre 100 et 200°;

2° Si l'on effectue la précipitation à l'aide d'un lent courant d'air chargé, à froid, de vapeurs d'ammoniac, suivant la technique déjà utilisée par Trombe ([3]) au cours du fractionnement des terres rares (méthode qui nous a déjà donné d'excellents résultats pour le dosage de l'aluminium, du gallium, du chrome et du titane), on obtient un précipité rigoureusement quantitatif (test négatif avec l'aluminon) que l'on peut filtrer séance tenante et donnant l'oxyde OBe à partir de 418°, température la plus basse du tableau. Pour réaliser en série des dosages du béryllium par ce procédé, j'ai construit un saturateur, sorte de flacon laveur avec rodage externe permettant de manipuler commodément le précipité après son dépôt;

3° Ces derniers résultats m'ont conduit à examiner les spectres de Debye-Scherrer obtenus avec la raie $K\alpha$ du cuivre, pour les quatre variétés d'hydroxyde précipitées respectivement par la soude, l'ammoniac, le nitrite et le carbonate d'ammonium.

Le premier de ces précipités est bien cristallisé; il donne, en particulier, une raie pour $\theta = 20°57'$, ce qui correspond à $d_{pqr} = 2,15$ Å. Cette raie se retrouve, plus ou moins élargie sur les autres spectres provenant de corps qui, contrairement à notre attente, ne présentent que quelqnes directions privilégiées donnant lieu à deux ou trois raies seulement. La bonne filtrabilité du précipité d'hydroxyde fait avec l'ammoniac ne dépend donc pas de la perfection de son état cristallin mais plutôt de la taille de ses molécules.

Il ressort de cette Note que le béryllium peut donner avec le gaz ammoniac un hydroxyde facilement lavable conduisant à un dosage gravimétrique rapide.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Figures de corrosion par attaque anodique.* Note de MM. **Raymond Jacquesson** et **Jack Manenc**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'utilisation des figures de corrosion pour déterminer l'orientation cristalline est maintenant d'un usage courant, mais il est nécessaire que ces figures aient une forme géométrique parfaite. Le réactif aux trois acides de M. Lacombe donne dans beaucoup de cas satisfaction à cet égard. Cependant son emploi devient délicat dans le cas des métaux écrouis quand le degré d'écrouissage est variable selon les points de la surface attaquée, c'est le cas, par exemple, pour

([3]) F. Trombe, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 539; 216, 1943, p. 888; 225, 1947, p. 1156.

une section d'une tôle en cours de laminage, quand la réduction d'épaisseur dépasse 30 %.

Pour l'aluminium, nous avons trouvé qu'en opérant par piqûres anodiques, nous étions beaucoup plus maîtres du phénomène. Le métal en essai sert d'anode dans une électrolyse de HCl dilué; le chlore qui y apparaît produit des figures de corrosion très nettes quand les conditions à l'électrolyse sont convenables, même dans le cas où l'attaque par le réactif aux trois acides ne donne plus de bons résultats.

Les seuls facteurs agissant sont la densité de courant et la durée de l'électrolyse. La concentration ne joue qu'un rôle secondaire. La durée d'une bonne attaque est de l'ordre de 5 secondes.

Lorsque la densité de courant est inférieure à 0,5 A/cm^2 les piqûres sont peu nombreuses, mais très grosses, leur contour est irrégulier et très variable d'une piqûre à l'autre. Elles sont d'autant moins utilisables à des mesures d'orientation que la densité de courant est plus faible, mais elles peuvent servir à des mesures de vitesse d'attaque.

Pour des densités de l'ordre de 0,8 A/cm^2 ou supérieures, les piqûres sont très petites de l'ordre de quelques microns et extrêmement nombreuses. Leur forme géométrique est simple. Elles ne peuvent être utilisées qu'à de très forts grossissements, mais elles donnent l'orientation de volumes cristallins très petits, d'où leur intérêt dans l'étude des textures très perturbées.

Pour l'aluminium, la densité du courant électrolytique optima est de 0,6 A/cm^2. Les figures sont à contours nets, géométriquement simples, de grosseurs à peu près égales et elles sont régulièrement réparties sur la surface de l'éprouvette. Au grossissement 700, elles paraissent avoir des dimensions de 2 à 3^{mm} et permettent de très bonnes mesures d'orientation. Elles conservent leur netteté quel que soit le taux d'écrouissage.

La présence d'une pellicule d'alumine perturbe beaucoup l'uniformité de l'attaque anodique, celle-ci ne peut être faite qu'après un polissage électrolytique dans un bain acétoperchlorique en bon état. Quand la conductibilité du bain devient trop grande, il se forme une oxydation superficielle néfaste à une attaque anodique.

L'addition d'acide nitrique ou d'acide fluorhydrique de HCl a pour effet d'abaisser la densité optima du courant d'électrolyse, elle augmente légèrement la netteté des taches et leur donne surtout plus de profondeur.

Lorsque la densité électrique est de 0,6 A/cm^2 avec un mélange 5 % HCl, 2 % NO_3H, les piqûres sont très nombreuses et elles paraissent se former de préférence sur les points de grains et les restes d'écrouissage qui se dessinent en lignes noires sur l'échantillon.

Cette méthode de formation de piqûres de corrosion est donc caractérisée par sa souplesse. Il suffit de faire varier la densité du courant d'électrolyse pour obtenir des données sur telle ou telle particularité de la texture cristalline.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Une étude théorique de quelques hydrocarbures aromatiques montrant des réactions photochimiques.* Note (*) de M. **Camille Sándorfy**, présentée par M. Louis de Broglie.

La lumière solaire est susceptible de déclencher des réactions photochimiques très particulières. Telles sont la photooxydation et la photodimérisation des acènes (l'anthracène et le naphtacène entre autres), phénomènes découverts respectivement par Ch. Dufraisse (1) et par J. Fritzsche (2) dans le cas particulier de l'anthracène.

Les deux premiers systèmes de bandes des spectres d'absorption électroniques de l'anthracène et du naphtacène (3) et (4) possèdent un coefficient d'extinction qui passe par un maximum pour les valeurs suivantes :

	Premier système de bandes.	Deuxième système de bandes.
Anthracène...............	3 800 Å	2 600 Å
Naphtacène...............	4 700 Å	2 700 Å

La lumière qui traverse les récipients en verre ne contient pratiquement pas de photons de longueur d'onde assez courte pour exciter le deuxième système de bandes.

On peut donc raisonnablement admettre que les réactions photochimiques déclenchées par cette lumière correspondent à l'excitation du premier.

Celle-ci est considérée comme le résultat de la transition depuis l'état fondamental des molécules envisagées jusqu'à leur premier niveau excité (cette transition étant permise).

Finalement le passage de ces molécules sur leur premier niveau excité semble suffisant pour le déclenchement de réactions qui ne se produisent pas à partir de l'état fondamental (c'est-à-dire dans l'obscurité).

C'est pourquoi, dans le tableau ci-après, on donne les diagrammes des ordres de liaison, des charges et des valences libres (5), représentant les propriétés du nuage électronique dans l'état fondamental et dans le premier état excité, de l'anthracène, du naphtacène et de deux autres isomères intéressants de ce dernier, le *bis*-iso-indénylidène et le *bis*-indénylidène.

[Les diagrammes relatifs à l'état fondamental de l'anthracène et du naphtacène ont été évalués par C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins (6)].

(*) Séance du 20 février 1950.

(1) *Voir* A. Étienne, *Traité de Chimie organique de Grignard*, 17, 1949, p. 1299-1332.

(2) *J. für Prakt. Chemie*, 101, 1866, p. 337.

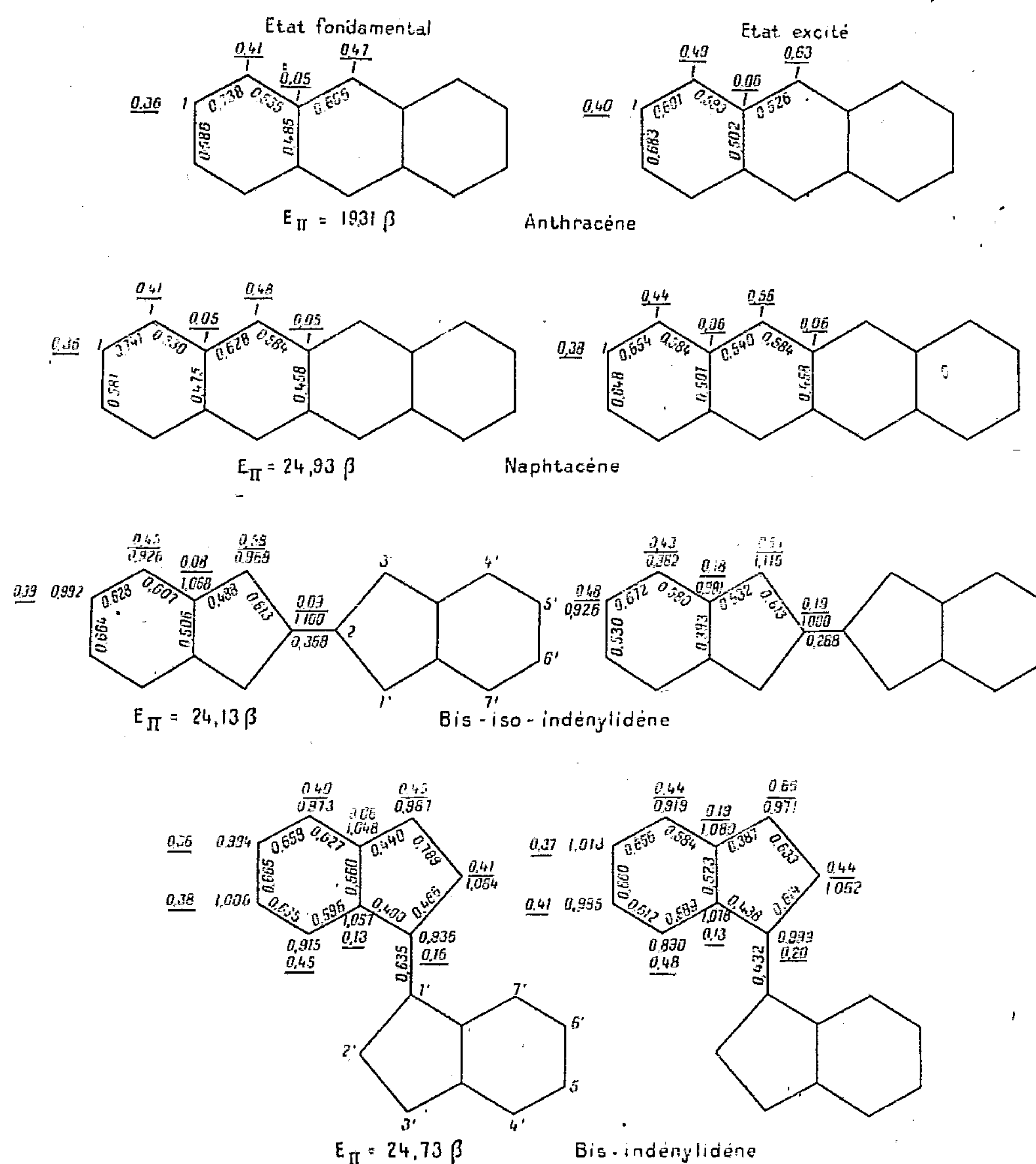
(3) C. A. Coulson, *Proc. Phys. Soc.*, 60, 1948, p. 257.

(4) H. B. Klevens et J. H. Platt, *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 470.

(5) Les valences libres sont les chiffres soulignés sur nos diagrammes.

(6) *Rev. Scient.*, 85, 1947, p. 929.

Le fait le plus frappant qui apparaît est le suivant : dans le cas de l'anthracène et du naphtacène, la valence libre des sommets méso est bien plus forte dans l'état excité que dans l'état fondamental.



Ces sommets déjà très réactifs dans l'état fondamental vont donc acquérir une réactivité considérable sous l'influence de la lumière.

Les sommets 1, 3, 1′ et 3′ du *bis*-iso-indénylidène dans l'état fondamental sont plus riches en valence libre que les sommets méso de l'anthracène dans ce même état. Par contre, cette valence libre n'augmente pas lors de la transition : niveau fondamental → premier niveau excité. Il devrait être aisément oxydable mais non nécessairement photooxydable en lumière ordinaire.

Le *bis*-indénylidène présente deux sommets riches en valence libre (3 et 3′), mais ils sont séparés par une distance trop grande ; il est sans doute peu apte à donner des réactions de photooxydation.

Notons enfin que des trois corps en $C_{22}H_{14}$ étudiés, le naphtacène apparaît comme devant être le plus stable : l'énergie de ses électrons π (E_π, *voir la figure*) dépasse de 0,2β celle du *bis*-indénylidène, et de 0,8β celle du *bis*-isoindénylidène (l'unité β vaut plusieurs dizaines de calories, sa valeur précise n'est pas encore connue). Il en résulte que ce dernier corps devrait être très instable, ce qui cadre bien avec le fait que les tentatives effectuées jusqu'ici en vue de sa préparation sont restées infructueuses ([7]).

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude de certains dérivés substitués des polyènes.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Louis de Broglie.

En vue de certaines applications de chimie théorique dans le cadre de la méthode des orbitales moléculaires, étudions les matrices polyéniques associées de première espèce ([1]) telles que

$$a'_{ik}=y \quad \text{pour } i=k \qquad a'_{ik}=1 \quad \text{pour } |k-i|=1 \qquad (i<n,\ k<n),$$
$$a'_{n-2,n}=a'_{n,n-2}=1, \qquad a'_{n,n}=y,$$

les autres éléments étant nuls.

V. *Polynômes caractéristiques* P'_n *et matrices inverses* $(A'_n)^{-1}$. — *a*. En posant $y=2x$, $P'_n(y)=z_n(x)$, on a d'après (2.I)([1])

$$P'_n=P_n-P_{n-4}, \qquad P'_n=yP'_{n-1}-P'_{n-2},$$
$$z_n(x)=4x\cos(n-1)\arccos x, \qquad z_n(x)=2^n x T_{n-1}(x)\ (^2),$$
$$z_n^2+4\sin^2(2\arccos x)\,P^2_{n-2}(2x)=4x^2,$$
$$\sqrt{1-x^2}\,\frac{d}{dx}\left(\frac{\sqrt{1-x^2}}{x^2}\frac{dz_n}{dx}\right)+\left[n(n-2)+\frac{2}{x^2}\right]z_n=0.$$

Les polynômes orthogonaux P'_n admettent la fonction génératrice $F(t,y)=(2ty-t^2y^2)/(1-ty+t^2)$.

b. $(A'_n)^{-1}_{ik}=(A'_n)^{ik}$ où $(A'_n)^{ik}$ adjoint de (A'_n) vérifie

$$(A'_n)^{ik}=(-1)^{i+k}\frac{P'_{n-k}P_{i-1}}{P'_n},$$
$$(A'_n)^{i,n-1}=(A'_n)^{i,n}=(A'_n)^{n-1,i}=(-1)^{n-1+i}\frac{P_1P_{i-1}}{P'_n},$$
$$(A'_n)^{n-1,n-1}=(A'_n)^{n,n}=\frac{P'_{n-1}}{P'_n}, \qquad (A'_n)^{n-1,n}=(A'_n)^{n,n-1}=\frac{P'_{n-2}}{P'_n}.$$

VI. *Application aux systèmes d'équations linéaires et homogènes.* — De même qu'au (III) ([1]) quand la matrice α_{ik} des coefficients des inconnues renferme des A'_n d'ordre au plus égal à q_1, la connaissance de $(A'_{q_1})^{-1}$ conduit aux expressions R_1 de q_1 variables en fonction des $n-q_1$ autres. La résolution du système donné est ainsi ramené, compte tenu de R_1 à celle d'un système d'ordre $n-q$.

([7]) C. F. Koelsch, *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1331.

(*) Séance du 27 février 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 844.

([2]) *Œuvres de Tchebycheff*, Saint-Pétersbourg, 1889, p. 301.

Exemple: système homogène dont la matrice des coefficients est A'_n

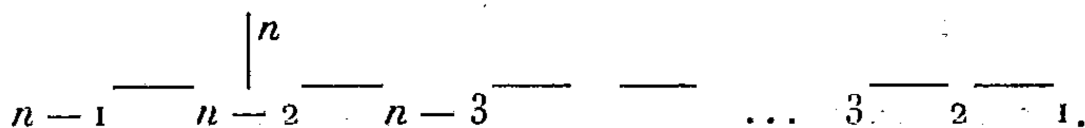
P'_n s'annule pour $y=0$ et $y_j = -\frac{2\cos(2j-1)\pi}{2(n-1)}$ $(j=1, 2, \ldots, n-1)$;

donc si $q_1 = n$ on a la solution non banale :

$$\text{pour } y=y_j \begin{cases} x_k = \frac{\sqrt{2}}{n-1}\sin k\frac{(2j-1)\pi}{2(n-1)} & (k=1, 2, \ldots, n-2), \\ x_{n-1}=x_n=\frac{1}{2}\frac{\sqrt{2}}{n-1}\sin(n-1)\frac{(2j-1)\pi}{2(n-1)}=\frac{1}{2}\frac{\sqrt{2}}{n-1}(-1)^{j-1}, \end{cases}$$

$$\text{pour } y=0: \quad x_k=0 \quad \text{et} \quad x_{n-1}=-x_n=1/\sqrt{2}.$$

Ces solutions normées à l'unité déterminent les orbitales moléculaires des hydrocarbures D_n suivants :



Remarque. — Des raisons de symétrie qui, mathématiquement, sont des conditions supplémentaires, lèvent, en général, toute indétermination dans les applications de chimie théorique.

Appendice I. — Indices de liaison p et charges q de D_n [notations Coulson ([3])],

$$\text{Si } n \text{ pair} \quad (k<n-1) \begin{cases} q_k = 1+\frac{1-(-1)^k}{n-1}, \quad q_{n-1}=q_n=\frac{n}{2(n-1)} \\ p_{k,k-1}=\frac{1}{n-1}\left[\cot\frac{\pi}{2(n-1)}+(-1)^k\cot(2k-1)\frac{\pi}{2(n-1)}\right], \\ p_{n-2,n-1}=p_{n-2,n}=\frac{1}{n-1}\cot\frac{\pi}{2(n-1)}, \end{cases}$$

$$\text{Si } n \text{ impair} \quad (k<n-1) \begin{cases} p_{k,k-1}=\frac{1}{n-1}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2(n-1)}+(-1)^k\operatorname{cosec}(2k-1)\frac{\pi}{2(n-1)}, \\ p_{n-2,n-1}=p_{n-2,n}=\frac{1}{n-1}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2(n-1)} \end{cases}$$

$(q_k = 1$ pour toutes les valeurs de $k)$;

mêmes résultats pour n impair dans un système à $n+1$ électrons π, sauf pour $q_{n-1}=q_n=3/2$.

Appendice II. — R — 2, polyènes à n carbones avec R substituant quelconque,

$$\begin{Vmatrix} & & \cdot & \cdot & \cdot \\ A_{n-2} & & \cdot & \cdot & \cdot \\ & & 0 & 0 & 0 \\ & & d & 0 & 0 \\ \ldots\ 0 & d & y+c & d & b \\ \ldots\ 0 & 0 & d & y & 0 \\ \ldots\ 0 & 0 & b & 0 & y+a \end{Vmatrix} \quad \text{Ici } q=n-2.$$

([3]) C. A. COULSON et H. C. LONGUET-HIGGINS, *Proc. Roy. Soc.*, 1947, A 191, p. 40.

Le système linéaire introduit ici (³) a la matrice α_{ik} des coefficients (indiquée ci-dessus).

On a immédiatement

$$P_{n-2}x_k = (-1)^{n-k}P_{k-1}P_1 x_n, \qquad x_{n-1}d = -P_1 x_n$$
$$db\,P_{n-2}x_{n+1} = -d^2(2P_{n-2} + P_{n-4}) + P_1 P_{n-2}(y+c)x_n \qquad (k < n-1).$$

On résout graphiquement l'équation séculaire qui s'écrit successivement,

$$-b^2 P_1 P_{n-2} + (y+a)[-d^2(2P_{n-2} + P_{n-4}) + P_1 P_{n-2}(y+c)] = 0,$$
$$\frac{y^3(d^2-2) + y^2(d^2a - 2a - 2c) + 2y(d^2 + b^2 - ac) + 2d^2a}{d^2y(y+a)\sqrt{4-y^2}}.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Aptitude à la conjugaison diénique de deux isomères géométriques de l'acide linoléique*. Note de MM. **Pierre Desnuelle** et **Robert Massoni**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Quand on chauffe à 180° de l'acide linoléique naturel (Δ 9,12 octadécadiénique) dans l'éthylèneglycol potassique, les deux doubles liaisons de cet acide tendent à se rapprocher pour former des systèmes conjugués (Δ 9,11 et Δ 10,12) dont l'absorption à $230^{m\mu}$ environ est considérable. Ce phénomène [1] [2] est probablement dû à l'activation du carbone méthylénique en position 11 qui provoque l'établissement de deux équilibres de mésomérie. Il sert de base à une méthode classique d'analyse spectrophotométrique des huiles végétales et animales [3]. Le coefficient d'absorption (E_1 : 1 %) à $234^{m\mu}$ adopté pour l'acide linoléique pur (débromuration), traité dans les conditions expérimentales bien précises du dosage, varie, selon les auteurs, entre 854 et 871.

Or, si l'on essaie d'appliquer cette technique, non plus à des corps gras naturels, mais à certaines huiles ayant subi un traitement chimique préalable, on s'aperçoit que la quantité de systèmes conjugués formés pendant le chauffage alcalin est quelquefois bien trop faible par rapport à la teneur de ces huiles en acides diéthyléniques. Comme les doubles liaisons séparées par plus d'un carbone méthylénique forment difficilement de tels systèmes conjugués [1], on semble avoir pris maintenant l'habitude d'attribuer le déficit précédent à la présence d'acides *isolinoléiques* dans lesquels les doubles liaisons seraient plus éloignées que dans l'isomère naturel [4], [5], [6].

(¹) E. H. Farmer et D. A. Sutton, *J. Chem. Soc.*, 1942, p. 122.
(²) E. H. Farmer, H. P. Koch et D. A. Sutton, *J. Chem. Soc.*, 1943, p. 541.
(³) J. M. Mitchell, H. R. Kraybill et F. P. Zscheile, *Ind. Eng. Chem.* (*Anal. Ed.*), 15, 1943, p. 1.
(⁴) H. W. Lemon, *Can. J. Research*, 22 F, 1944, p. 191.
(⁵) A. E. Bailey et G. S. Fishfr, *Oil and Soap*, 23, 1946, p. 14.
(⁶) G. S. Fischer, R. T. O'Connor et F. G. Dollear, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 24, 1947, p. 382.

Nous avons récemment cherché à savoir si ces acides *isolinoléiques* existent dans les huiles de ricin déshydratées et, à notre grande surprise, nous en avons trouvé presque autant que d'acide linoléique naturel. Ce résultat est manifestement erroné car l'élimination de la fonction OH en position 12 de l'acide ricinoléique est incapable de donner directement naissance à ces acides. Une migration ultérieure aussi importante des doubles liaisons dans le sens de l'éloignement est, d'autre part, bien peu probable.

On peut alors penser que la déshydratation de l'acide ricinoléique fait apparaître des isomères géométriques de l'acide linoléique dont la conjugaison alcaline est peut-être plus lente ou moins complète que celle de l'isomère naturel. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons élaidinisé par le réactif de Poutet (7) de l'acide linoléique pur [I_i (Kaufmann) = 180,0; E_1 : 1 % (8) à $234^{m\mu}$ (après isomérisation alcaline) = 860,0] provenant d'acide tétrabromostéarique pur (F 115°,5). Après plusieurs purifications et trois cristallisations dans le méthanol, nous avons obtenu une petite quantité d'acide linélaidique [F 27°, I_i(Kaufmann) = 172,5] sous forme de beaux cristaux blancs. Cet acide, traité par l'éthylèneglycol potassique dans les conditions ordinaires donne une absorption [E_1 : 1 % (8)] à $234^{m\mu}$ de 345 (moyenne de trois opérations distinctes).

Bien que la structure de l'acide linélaidique ne soit pas encore complétement établie, on sait cependant que cet acide possède deux doubles liaisons en position 9,12 (7) et qu'il représente un isomère géométrique de l'acide linoléique naturel. Nos résultats semblent donc indiquer que :

1° l'aptitude à la conjugaison alcaline des chaînes grasses polyéthyléniques dépend dans une large mesure de leur disposition spatiale autour des doubles liaisons;

2° la technique de détermination spectrophotométrique des acides polyéthyléniques naturels et de leurs isomères de position ne peut être appliquée sans réserve aux corps gras qui ont subi un traitement chimique quelconque. La présence éventuelle d'isomères géométriques risque en effet de conduire à des résultats trop faibles pour les premiers et trop forts pour les seconds;

3° tant que l'on ne saura pas avec certitude que les acides linoléique et linolénique purs obtenus par débromuration sont identiques, en ce qui concerne leur isomérie géométrique, aux acides naturels, il sera difficile d'accorder une entière confiance aux valeurs de référence communément utilisées pour leur dosage spectrophotométrique;

4° la déshydratation de l'acide ricinoléique donne probablement naissance à de fortes quantités d'un ou plusieurs isomères géométriques de l'acide linoléique naturel.

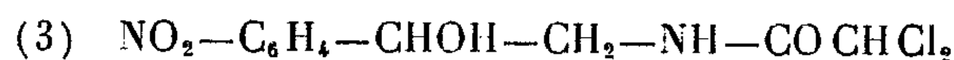
---

(7) J. P. Kass et G. O. Burr, *J. Am. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 1062.

(8) Mesuré au spectrophotomètre de Beckmann.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de quelques combinaisons dérivées des m- et p-nitroacétophénones.* Note (*) de MM. **Buu-Hoï** et **Ng. H. Khôi**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant nos études sur la synthèse des analogues et des dérivés de la chloromycétine, nous avons préparé le (*d*, *l*)-métanitrophényl-1 dichloracétamino-2 éthanol-1 (I)



$$(3)\quad NO_2{-}C_6H_4{-}CHOH{-}CH_2{-}NH{-}CO\,CHCl_2$$

et le (*d*, *l*)-paranitrophényl-1 dichloracétamino-2 éthanol-1 (II)



$$(4)\quad NO_2{-}C_6H_4{-}CHOH{-}CH_2{-}NH{-}COCHCl_2$$

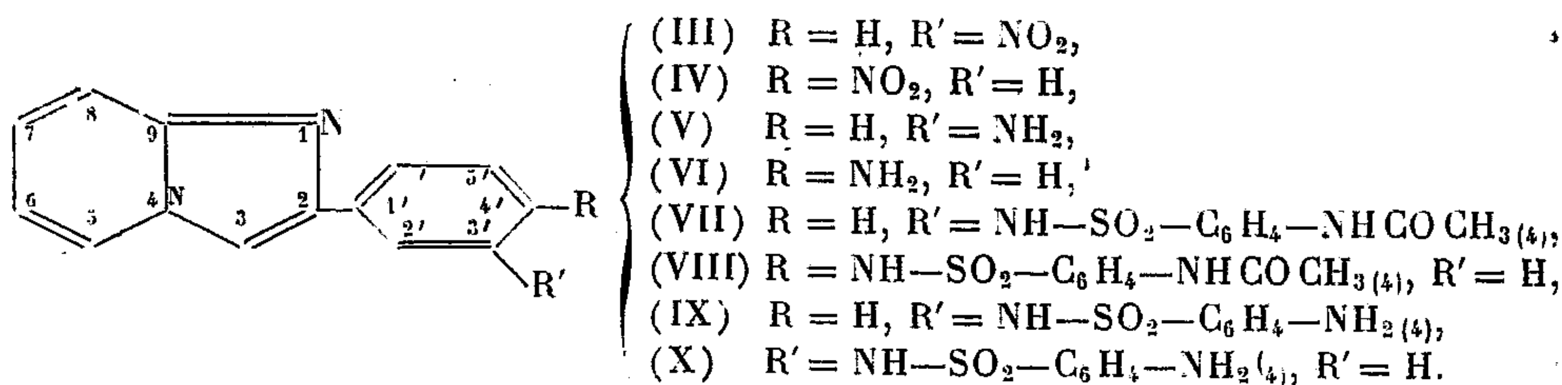
de la manière suivante :

1. L'α-acétamino-*m*-nitroacétophénone, réduite par la méthode de Meerwein-Ponndorf, conduit au *m*-nitrophényl-1 acétamino-2 éthanol-1 (cristallise du benzène en aiguilles incolores F 102°), lequel est saponifié en *m*-nitrophényl-1 amino-2 éthanol-1 (du benzène, prismes incolores F 101°); ce dernier corps, traité par le dichloracétate de méthyle, conduit au composé (I) (du benzène, aiguilles incolores, F 82°).

2. Le composé (II) (cristallise du benzène en prismes incolores, F 97°) est pareillement obtenu à partir de l'α-acétamino-*p*-nitroacétophénone, en passant par le *p*-nitrophényl-1 acétamino-2 éthanol-1 (de l'alcool, fines aiguilles incolores, F 122°) et le *p*-nitrophényl-1 amino-2 éthanol-1 (du benzène, aiguilles incolores, F 106°).

On connaît l'activité comme antiseptiques intestinaux de certains sulfanilamides dérivés d'hétérocycles azotés (sulfaguanidines, sulfaquinoxaline, etc.), et il semble qu'un des facteurs essentiels conditionnant cette activité est la faible résorption à travers le tractus gastrointestinal. Ceci nous a amenés à préparer, toujours en partant des *m*- et *p*-nitroacétophénones, des sulfanilamides répondant à cette condition, et dérivant du phényl-2 pyrimidazole et de la phényl-2 pyrrocoline, noyaux non encore étudiés de ce point de vue.

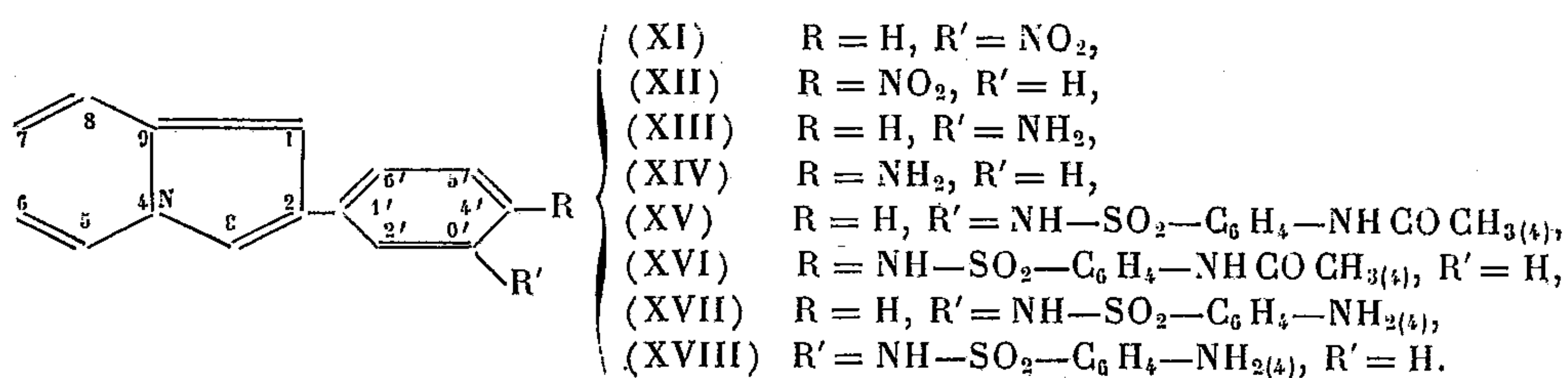
1. Les ω-bromo-*m*-nitroacétophénone et ω-bromo-*p*-nitroacétophénone, traitées par l'amino-2 pyridine dans les conditions de la réaction de Tschitschibabine, conduisent au (nitro-3′ phényl)-2 pyrimidazole [(III) aiguilles jaunâtres, F 205°, du xylène] et au (nitro-4′ phényl)-2 pyrimidazole [(IV) paillettes jaunes, F 261°, du xylène]; les corps sont réduits par Cl_2Sn en (amino-3′ phényl)-2 pyrimidazole [(V) aiguilles incolores, F 185°, du



(*) Séance du 27 février 1950.

benzène) et amino-4′ phényl)-2-pyrimidazole [(VI) aiguilles incolores, F 216°, sublimables]; l'action, sur ces amines, du chlorure de *p*-acétaminophénylsulfonyle, conduit au (N_4-acétylsulfanilamido-3′ phényl)-2 pyrimidazole [(VII), de l'acétone, fines aiguilles incolores, F 250°] et au (N_4-acétylsulfanilamido-4′ phényl)-2 pyrimidazole (VIII) (du chlorobenzène, aiguilles crème, F 265°); après désacétylation par ClH on a le sulfamido-3′ phényl)-2 pyrimidazole [(IX) du toluène, aiguilles incolores, F 210°) et le (sulfanilamido-4′ phényl)-2 pyrimidazole [(X) du toluène, aiguilles incolores, F 252°].

2. Les ω-bromo-nitroacétophénones (*m*- et *p*-), traitées par l'α-picoline dans les conditions de la réaction de Tschitschibabine, conduisent à la (nitro-3′ phényl)-2 pyrrocoline [(XI) du xylène, aiguilles soyeuses jaunâtres, F 183°] et à la (nitro-4′ phényl)-2 pyrrocoline [(XII) identique au produit obtenu précédemment par nitration de la phényl-2 pyrrocoline]; la réduction par Cl_2Sn conduit à l'(amino-3′ phényl)-2 pyrrocoline [(XIII) de l'alcool, aiguilles crème, F 173°] et à l'(amino-4′ phényl)-2 pyrrocoline [(XIV) du benzène, paillettes sublimables, incolores, F 204°]; à partir de ces amines et du chlorure de *p*-acétaminophénylsulfonyle, on prépare la (N_4-acétylsulfanilamido-3′ phényl)-2 pyrrocoline [(XV) de l'acétone, aiguilles verdâtres, F 230°] et la (N_4-acétylsulfanilamido-4′ phényl)-2 pyrrocoline [(XVI) du xylène, aiguilles incolores, F 283°]; après désacétylation, on aboutit à la (sulfanilamido-3′ phényl)-2 pyrrocoline [(XVII) de l'acétone + benzène, prismes incolores, F 186°] et la (sulfanilamido-4′ phényl)-2 pyrrocoline [(XVIII) du xylène, aiguilles incolores, brillantes, F 310°].



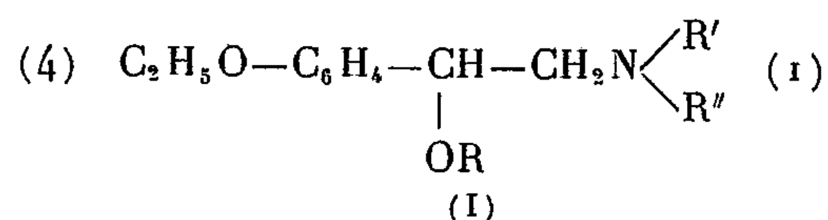
3. L'action de l'ω-bromo-*m*-nitroacétophénone sur la lutidine-2.4 conduit à la méthyl-7 (nitro-3′phényl)-2 pyrrocoline (du xylène, aiguilles jaune pâle, F 174°), réductible en méthyl-7 (amino-3′ phényl)-2 pyrrocoline (du méthanol, aiguilles incolores, F 176°); cette amine fournit aisément la méthyl-7 (N^4-acétylsulfanilamido-3′ phényl)-2 pyrrocoline (de l'acétone, prismes blanc verdâtre, F 263°), désacétylée par ClH en méthyl-7 (sulfanilamido-3′ phényl)-2 pyrrocoline du toluène, (aiguilles incolores, F 188°). Signalons enfin qu'en raison de l'empêchement stérique, l'ω-bromo-*m*-nitroacétophénone réagit mal avec la lutidine-2.6, la méthyl-5 (nitro-3′ phényl)-2 pyrrocoline (du méthanol, prismes jaune orangé, F 125°) étant obtenue avec de très faibles rendements. On constate le même phénomène avec l'ω-bromo-*p*-nitroacétophénone, qui réagit bien avec la lutidine-2,4 pour donner la méthyl-7 (nitro-4′ phényl)-2 pyrrocoline (du toluène, aiguilles orangées, F 219°), mais mal avec la lutidine-2.6 pour former la méthyl-5 (nitro-4′ phényl)-2 pyrrocoline (du méthanol, prismes orangés, F 130°) avec de très mauvais rendements.

D'après les test *in vitro*, l'activité antibactérienne de (II) est notablement inférieure à celle de la chloromycétine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'éthers-oxydes dérivant du para-éthoxy α-hydroxy β-amino éthylbenzène et de ses homologues N-alcoylés.* Note de MM. **Pierre Bapsères** et **Raymond Quelet**, transmise par M. Marcel Delépine.

Le para-éthoxy α.β-dibromo éthylbenzène, obtenu synthétiquement à partir du phénétole, réagit sur les alcools en donnant les para-éthoxy α-alcoxy β-bromoéthylbenzènes. Ces derniers, traités par l'ammoniac et les amines primaires et secondaires, fournissent des amino-éthers-oxydes dérivant du para-éthoxy α-hydroxy β-amino éthylbenzène.

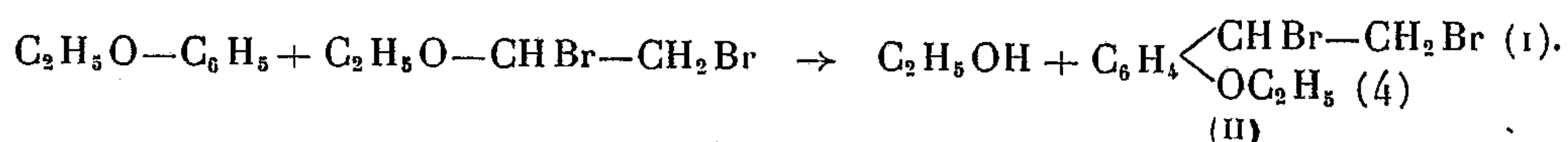
Nous avons indiqué précédemment ([1]) une méthode synthétique permettant d'obtenir facilement les éthers-oxydes des phényl-1 amino-2 éthanols-1 dérivant de l'anisole et du vératrole. La déméthylation de ces composés qui aurait permis de passer aux bases phénoliques correspondantes s'étant révélée impraticable, nous avons préparé une nouvelle série d'amino-éthers-oxydes du type



$$(4)\ C_2H_5O-C_6H_4-\underset{\displaystyle OR}{\underset{|}{CH}}-CH_2N\begin{matrix}\diagup R' \\ \diagdown R''\end{matrix}\ (1)$$
(I)

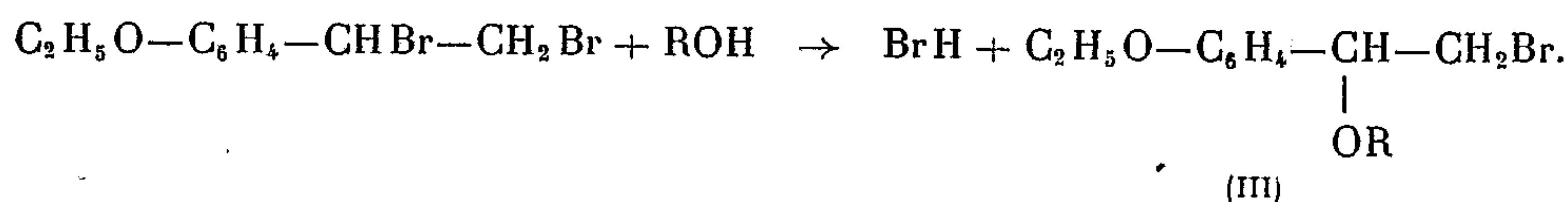
afin de comparer leur aptitude à la coupure phénolique à celle des précédents.

Pour aboutir à ces composés, nous partons de l'éthoxybenzène (phénétole) qui, traité à 0° par les éthers méthylique ou éthylique du dibromo-1-2 éthanol, en présence d'acide acétique, fournit, avec un rendement de 50 à 55 %, le para-éthoxy α.β-dibromo éthylbenzène, aiguilles (CCl_4) F 68-69° :



$$C_2H_5O-C_6H_5 + C_2H_5O-CHBr-CH_2Br \rightarrow C_2H_5OH + C_6H_4\begin{matrix}\diagup CHBr-CH_2Br\ (1). \\ \diagdown OC_2H_5\ (4)\end{matrix}$$
(II)

Ce dernier, comme tous les halogénures de cette série possède un halogène très actif (en α) et réagit directement sur les premiers termes des alcools en donnant les para-éthoxy α-alcoxy β-bromo éthylbenzènes

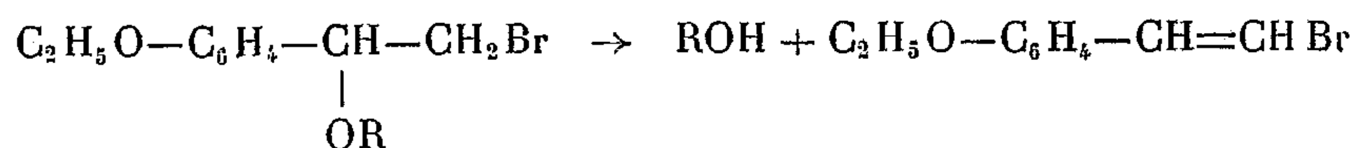


$$C_2H_5O-C_6H_4-CHBr-CH_2Br + ROH \rightarrow BrH + C_2H_5O-C_6H_4-\underset{\displaystyle OR}{\underset{|}{CH}}-CH_2Br.$$
(III)

Avec $R = CH_3$ ou C_2H_5, on obtient des huiles incristallisables qui, à la distillation, même sous pression réduite, perdent ROH pour donner le para-éthoxy

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1020.

ω-bromostyrène



que nous avons obtenu, d'autre part, par chauffage du dérivé dibromé initial, soit seul, soit en présence de réactifs alcalins. Il se présente en paillettes brillantes F 59°, fixe le brome en donnant un tribromure peu stable et incristallisable, et fournit, par oxydation, l'acide para-éthoxy benzoïque F 195° [2].

En traitant les dérivés (III) (avec $R = CH_3$ ou C_2H_5) par l'ammoniac en solution alcoolique, à 110-120°, on obtient les bromhydrates des amines correspondantes : *para-éthoxyphényl-1 amino-2 méthoxy-1 éthane* et *para-éthoxyphényl-1 amino-2 éthoxy-1 éthane* qui fondent respectivement à 164-165° et 155-156°; mais les bases elles-mêmes, qui se décomposent à la distillation, n'ont pu être isolées à l'état pur.

Les amino-éthers-oxydes N-alcoylés s'obtiennent, par contre, dans de bonnes conditions en chauffant les bromures (III) avec les amines aliphatiques primaires et secondaires. Nous avons ainsi préparé les produits suivants :

1° Par action de la méthylamine : le *para-éthoxyphényl-1 méthylamino-2 méthoxy-1 éthane* ($C_{12}H_{19}O_2N$), Rdt 65 % ; huile : $É_3$ 132-133°; d_4^{20} 1,014; n_D^{20} 1,5095 ; chlorhydrate : F 117-118°, chloroplatinate F 140° et le *para-éthoxyphényl-1 méthylamino-2 éthoxy-1 éthane* ($C_{13}H_{21}O_2N$), Rdt 70 %, huile : $É_4$ 133-134°; d_4^{20} 0,992; n_D^{20} 1,5011 ; chlorhydrate : F 122-123°.

2° Par action de l'éthylamine : le *para-éthoxyphényl-1 éthylamino-2 méthoxy-1 éthane* ($C_{13}H_{21}O_2N$), Rdt 40 %, huile : $É_8$ 155-156°; d_4^{20} 1,014; n_D^{20} 1,5023; chlorhydrate : F 132-133° et le *para-éthoxyphényl-1 éthylamino-2 éthoxy-1 éthane* ($C_{14}H_{23}O_2N$), huile : $É_5$ 147-148°; d_4^{20} 0,989; n_D^{20} 1,4980; chlorhydrate : F 127-128°.

3° Par action de la diméthylamine : le *para-éthoxyphényl-1 diméthylamino-2 méthoxy-1 éthane* ($C_{13}H_{21}O_2N$), Rdt 70 %, huile : $É_6$ 138-139°; d_4^{20} 0,984; n_D^{20} 1,5005; chlorhydrate : F 142-143° et le *para-éthoxyphényl-1 diméthylamino-2 éthoxy-1 éthane* ($C_{14}H_{23}O_2N$), Rdt 60 %, huile : $É_4$ 137-138°; d_4^{20} 0,971; n_D^{20} 1,490; chlorhydrate : F 135-136°.

---

(2) GATTERMANN, *Ann. Chem.*, **244**, 1888, p. 63; BODROUX, *Comptes rendus*, **136**, 1903, p. 378.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Orientation des réactions de condensation des esters aliphatiques : action du chlorure d'isopropyl-magnésium sur l'acétate d'éthyle.* Note de Mme **Yvette Maroni** et M. **Jacques-Emile Dubois**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans l'action du chlorure d'isopropyl-magnésium sur l'acétate d'éthyle il se forme, suivant qu'il y a excès du composé magnésien ou de l'ester : soit de la triméthyl-2.3.6 heptanolone-3.5, soit de la méthyl-5 hexanedione-2.4; cette β-dicétone résulte de l'*acylation* par l'ester de la méthylisopropylcétone formée intermédiairement.

On sait que la réaction normale de formation de l'alcool tertiaire, par la méthode de Grignard appliquée aux esters, est à peu près complètement annihilée, lorsque le radical alcoyle de l'halogénure organo-magnésien est très ramifié.

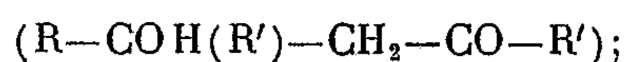
Les réactions secondaires qui se produisent alors sont multiples et complexes. Cependant nous sommes arrivés à étudier certaines d'entre elles séparément, ceci en faisant varier les structures du composé magnésien et de l'ester, ainsi que les proportions relatives de ces composés.

Les réactions secondaires signalées jusqu'ici sont de deux types : elles proviennent de l'attaque de l'un ou de l'autre des deux principaux points vulnérables qu'offre un ester à un composé organo-magnésien ramifié : à savoir, d'une part son groupe carbonyle, d'autre part l'hydrogène fixé sur le carbone situé en α du CO dans la partie acyle.

1. L'attaque du groupe carbonyle conduit à la formation intermédiaire d'une cétone dissymétrique (R.CO.R′), susceptible de subir à son tour, sous l'influence de l'halogénure organo-magésien ramifié :

soit une réduction en alcool secondaire (R—CHOH—R′) (¹);

soit une condensation en un β cétol tertiaire de duplication



$$(\mathrm{R{-}COH(R'){-}CH_2{-}CO{-}R'});$$

l'un de nous a étudié en détails l'action du chlorure d'isopropyl magnésium en tant qu'agent de duplication des cétones (²).

2. Lorsque l'halogénure organo-magnésien est particulièrement encombré (³) ou lorsque l'hydrogène en position α de l'ester est particulièrement mobile (⁴), l'attaque peut avoir lieu par l'intermédiaire de cet hydrogène α. Elle conduit alors à la formation d'un éthérate magnésien mixte, qui se condense avec une

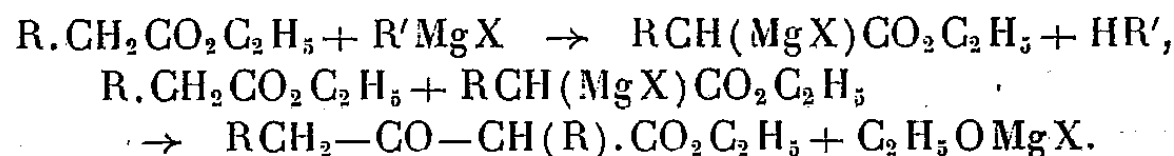
(¹) Tuot, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1124.

(²) J. E. Dubois, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1018.

(³) Zook, Mc Aleer et Horwin, *J. Am. Chem. Soc.*, **68**, 1946, p. 2404.

(⁴) Hauser, Passie, Saperstein et Shivers, *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 606.

molécule d'ester non attaquée, donnant ainsi lieu à une condensation de Claisen de l'ester initial en un β céto-ester.



$$R.CH_2CO_2C_2H_5 + R'MgX \rightarrow RCH(MgX)CO_2C_2H_5 + HR',$$
$$R.CH_2CO_2C_2H_5 + RCH(MgX)CO_2C_2H_5 \rightarrow RCH_2{-}CO{-}CH(R).CO_2C_2H_5 + C_2H_5OMgX.$$

Ces deux types d'attaque se produisent souvent simultanément, ce qui explique la complexité des réactions généralement observées.

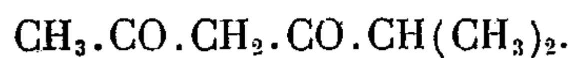
Nous résumons ci-dessous nos résultats relatifs à une étude systématique de l'action du chlorure d'isopropyl-magnésium sur l'acétate d'éthyle.

a. *Lorsque le chlorure d'isopropyl magnésium se trouve en excès par rapport à l'acétate* (rapports ester/magnésien 1/2 et 1/3), le produit principal de la réaction est la triméthyl-2.3.6-heptanolone-3.5 : β cétol tertiaire de duplication de la méthyl isopropyl cétone. Par contre nous n'avons pu déceler la présence de méthyl-3 butanol-2 (5).

b. *Lorsque l'acétate d'éthyle est en excès par rapport au chlorure d'isopropyl magnésium* (rapports ester/magnésien : 2 et 3) le cétol ne se forme plus qu'en de très faibles proportions.

Par contre, nous avons mis en évidence que l'attaque par l'hydrogène α ne constitue pas non plus le processus essentiel.

Le produit principal de la réaction est constitué par la *méthyl*-5 hexanedione-2.4 (E = 165-168°, coloration rouge foncé avec Cl_3Fe, dérivé cuivrique aiguilles bleu pâle : F 171-172°).



$$CH_3.CO.CH_2.CO.CH(CH_3)_2.$$

Au sein même du milieu réactionnel, cette β dicétone se scinderait partiellement sous l'influence de l'halogénure organo-magnésien pour donner une cétone symétrique capable de subir à son tour, soit la duplication, soit la réduction. Du point de vue expérimental, il est possible d'isoler de l'acétone et ses produits de condensation.

c. *Lorsque le rapport de condensation utilisé est voisin de* 1, les réactions précédentes se produisent simultanément et conduisent à un mélange très complexe de produits cétoniques et cétoliques.

Ces résultats montrent :

1° qu'en adoptant un rapport de condensation convenable, il est possible de rendre prédominante l'une ou l'autre des réactions anormales qui se produisent simultanément dans l'action du chlorure d'isopropyl magnésium sur l'acétate d'éthyle.

2° que l'une de ces réactions conduit à la préparation d'une β-dicétone. Ce

(5) Y. Barnaud, Diplôme d'Études Supérieures, Grenoble, 1946.

(6) Conrad et Cast, *Ber.*, 31, 1898, p. 1339.

processus, d'un type nouveau, constitue le terme intermédiaire entre la cétolisation duplicatrice et la condensation du type Claisen : *il s'agit d'une acylation de la cétone de transition par l'ester en excès.*

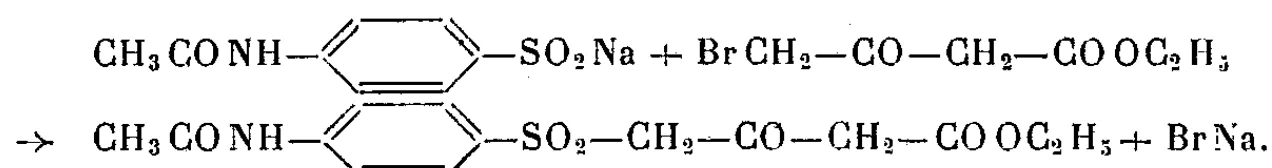
Ce travail met ainsi en évidence un nouveau mode d'action spécifique d'un halogénure organo-magnésien ramifié sur un ester aliphatique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le γ-(p-acétylamino-benzène-sulfonyl)-acétylacétate d'éthyle et son comportement inattendu lors d'une tentative de condensation avec la thiourée.* Note de MM. **David Libermann** et **André Desnoës**, présentée par M. Marcel Delépine.

La condensation du γ-(*p*-acétylamino-benzène-sulfonyl-acétylacétate d'éthyle avec la thiourée en milieu alcalin donne un mélange de *p*-amino-phényl-méthyl-sulfone et d'acide thiobarbiturique, au lieu d'un dérivé du 2-thiouracile. La formation intermédiaire d'un dérivé du 2-thio-5, 6-dihydrothiouracile est envisagée, due probablement à la migration du proton situé en γ dans le β-cétoester.

L'introduction du radical arylsulfonyle dans la chaîne de l'acétylacétate d'éthyle n'avait pas été réussie jusqu'à présent. Étudiée par Kohler et Mac Donald (¹), puis par Findeisen (²), la réaction entre le *p*-toluène-sulfochlorure et l'acétylacétate d'éthyle sodé n'a permis d'isoler que le *p*-toluène-sulfinate de sodium, le diacétylsuccinate d'éthyle et le chloroacétate d'éthyle. Plus récemment, Böhme et Fischer (³) ont obtenu l'α-méthylsulfonylacétyl-acétate d'éthyle avec un rendement médiocre.

Nous avons préparé le γ-(*p*-acétylamino-benzène-sulfonyl)-acétylacétate d'éthyle en faisant agir le *p*-acétylaminobenzènesulfinate de sodium sur le γ-bromoacétylacétate d'éthyle selon la réaction suivante :

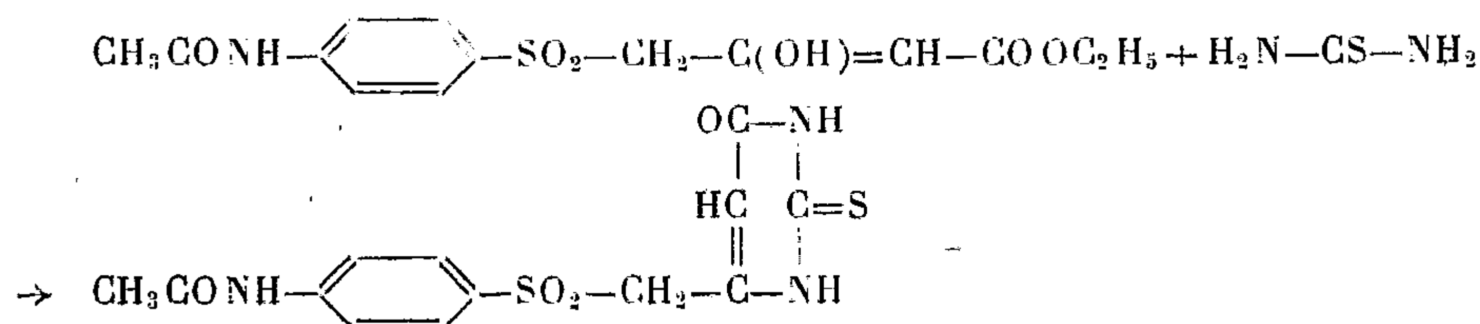


On dissout 20ᵍ de *p*-acétylaminobenzènesulfinate de sodium dans 200ᶜᵐ³ de méthanol chaud et l'on ajoute le γ-bromoacétylacétate d'éthyle brut préparé à partir de 9ᵍ,9 d'acétyl-acétate d'éthyle selon la méthode de Ziegler (⁴). On chauffe trois heures au reflux. On distille le méthanol et l'on verse le résidu dans 300ᶜᵐ³ d'eau. On obtient une huile brune qui se solidifie à la longue. On fait recristalliser deux fois dans l'alcool éthylique et l'on obtient 9ᵍ (27,3 %) d'un produit incolore, F 119°. Azote trouvé : 4,20 %, 4,31 % calculé : 4,28 %.

En faisant agir le γ-(*p*-acétylamino-benzène-sulfonyl)-acétylacétate d'éthyle sur la thiourée en présence d'éthylate de sodium, nous avions espéré obtenir

(¹) *J. Am. chem. Soc.*, 22, 1899, p. 227.
(²) *J. pr. Chem.*, (2), 65, 1902, p. 529.
(³) *Ber. d. chem. Ges.*, 76, 1943, p. 92.
(⁴) *J. Am. chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2 946.

la *p*-acétylaminophényl-2-thiouracile-6-méthyl-sulfone selon la réaction

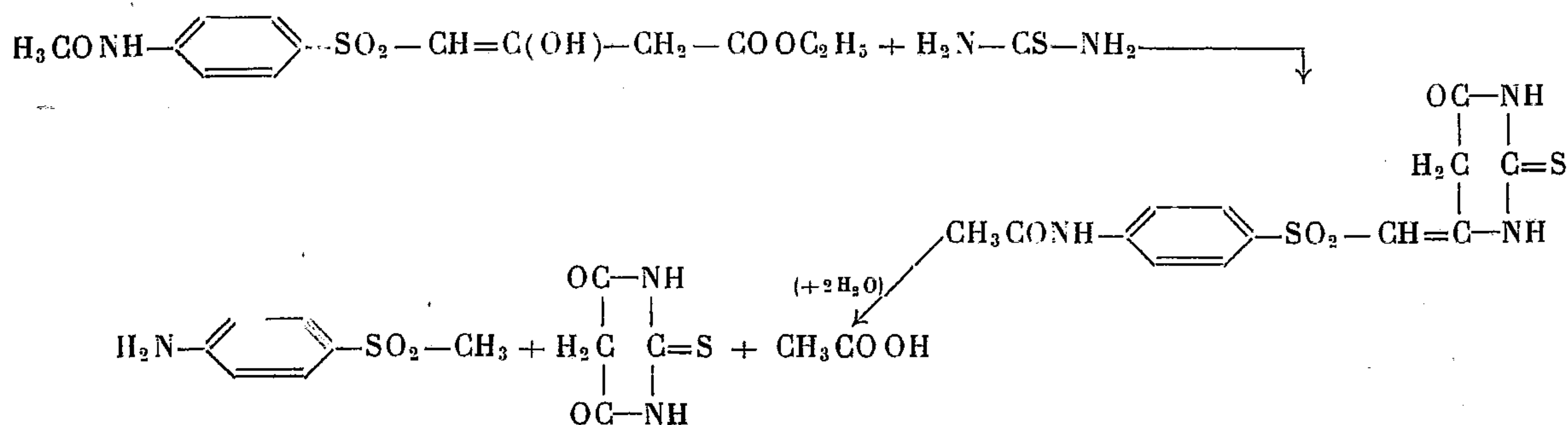


Or il n'en était rien et les seuls produits isolés, avec de bons rendements d'ailleurs, furent la *p*-aminophényl-méthyl-sulfone et l'acide thiobarbiturique.

On dissout $1^g,38$ de sodium dans 40^{cm^3} d'alcool absolu, on ajoute $1^g,52$ de thiourée et l'on porte à l'ébullition. On ajoute alors goutte à goutte et en agitant une solution de $6^g,54$ de *p*-acétylamino-benzène-sulfonyl-acétylacétate d'éthyle dans 40^{cm^3} d'alcool bouillant. On fait bouillir encore pendant 4 heures. Après refroidissement on essore le précipité formé. On le redissout dans le minimum d'eau, on filtre le léger insoluble ($0^g,2$, F 130-135°) et l'on précipite par l'acide chlorhydrique concentré. On obtient $1^g,4$ (50 %) d'acide thiobarbiturique qui, après plusieurs cristallisations dans l'eau, fond au bloc à 237-238°. Il n'y a pas de dépression avec un échantillon authentique. N trouvé : 19,92 %, 19,87 %; calculé 19,4 %.

Le filtrat alcoolique est évaporé à sec et repris par 15^{cm^3} d'eau. On obtient $1^g,82$ (60 %) de *p*-aminophényl-méthyl-sulfone fondant à 134-136°. Après recristallisation dans l'alcool, elle fond à 136°. Pas de dépression avec un échantillon authentique. Le dérivé acétylé fond à 185-187° ([5]).

Pour expliquer le mécanisme de cette réaction, il faut envisager la formation d'un énol aux dépens du méthylène γ se trouvant entre les groupements sulfonyle et carbonyle, et la décomposition en milieu alcalin du 6-(*p*-acétyl-amino-benzène-sulfonyl-méthine)-2-thio-5,6-dihydro-uracile instable, selon



Nous montrerons par ailleurs que ce comportement n'est pas particulier au γ-arylsulfonyl-acétylacétate d'éthyle et que certains autres β-céto-esters γ-substitués sont susceptibles de fournir avec la thiourée des dérivés du dihydrothiouracile.

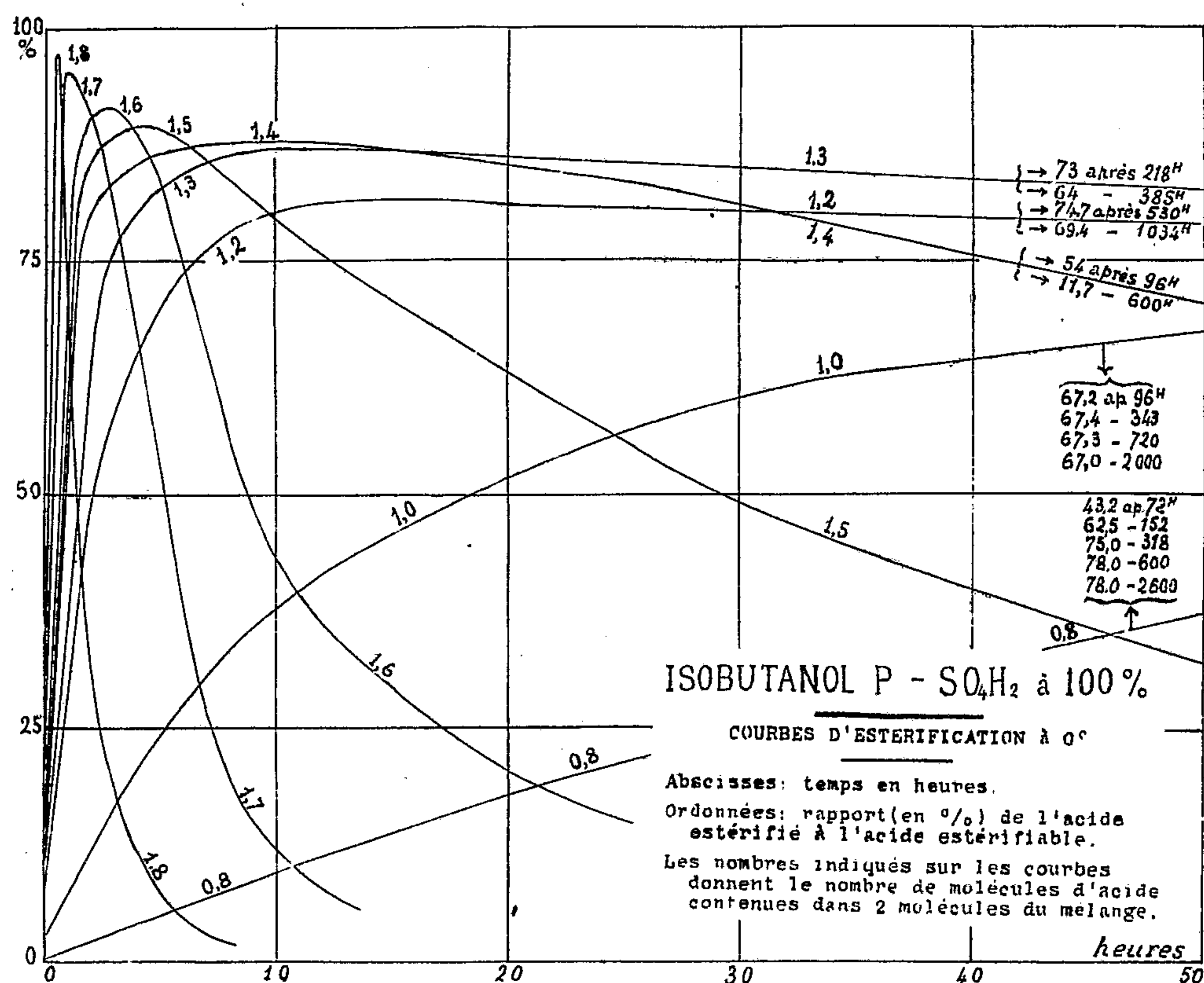
([5]) GOLDBERG et BESLY, *Ch. Soc.*, 1945, p. 566.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'estérification de l'isobutanol.* Note de M. **Albert Tian**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'auteur montre qu'en présence d'acide sulfurique sans excès l'estérification de l'isobutanol primaire est tout à fait normale. Mais avec une proportion plus élevée d'acide et après un certain temps, la réaction rétrograde peut devenir incomplète ou même nulle. Cette anomalie est due à la formation de carbures d'hydrogène.

L'isobutanol primaire (2-méthylpropanol-1) est considéré comme s'estérifiant très mal. Ce fait, signalé depuis longtemps, est expliqué généralement par un empêchement stérique.

En étudiant l'action de l'acide sulfurique sur les alcools (¹), j'ai pu constater



que l'estérification de cet alcool est tout à fait normale. L'isobutanol s'estérifie aussi bien que les autres alcools primaires tant pour ce qui a trait à la vitesse de réaction qu'à sa limite lorsque celle-ci peut être atteinte; mais une réaction

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 836.

secondaire est susceptible, dans certains cas, de compliquer le phénomène initial et, en détruisant le sulfate acide d'isobutyle formé d'abord, de donner finalement l'apparence d'une estérification très incomplète ou même nulle.

Si, en effet, on mélange une molécule d'alcool isobutylique avec plus d'une molécule d'acide sulfurique à 100 % en prenant les précautions nécessaires pour éviter un échauffement, et que l'on abandonne ensuite le système à 0°, on constate que les courbes d'estérification (*figure*) après une montée normale, tout à fait comparable à celle que donnent les alcools primaires inférieurs, passent par un maximum très élevé (97 % de sulfate acide d'isobutyle pour le mélange de $1^{mol},8$ d'acide et $0^{mol},2$ d'alcool) et redescendent d'autant plus vite que leur ascension a été plus grande, c'est-à-dire qu'il y eu plus d'acide. Les courbes rejoignent finalement l'axe des abscisses après un temps qui peut être fort long si l'on se rapproche des proportions équimoléculaires. Pour le liquide ayant cette composition, et pour ceux encore moins riches en acide, les courbes ne présentent plus de maximum et tendent régulièrement vers une asymptote horizontale dont l'ordonnée fixe la limite d'estérification. Avec le mélange équimoléculaire, cette limite est de 67 %. Elle est donc un peu supérieure à celle présentée par l'éthanol (59) et par le propanol 1 (62), et comparable à celle obtenue avec le méthanol (68). D'autre part les courbes montrent que l'aptitude à l'estérification, mesurée par les vitesses *initiales* de réaction, est sensiblement égale, pour tous les mélanges, à celle constatée avec les alcools du même type.

Le phénomène antagoniste qui amène la destruction de l'ester formé au début ne peut pas être l'hydrolyse de ce composé; il s'agit d'une réaction toute différente. On peut supposer que le sulfate acide d'isobutyle par un mécanisme analogue à celui de la réaction qui, vers 180°, fournit l'éthylène à partir du sulfate acide d'éthyle, donnerait, dès la température de 0°, de l'isobutylène. Il est possible aussi d'évoquer une déshydratation directe du butanol par l'acide concentré, car l'alcool disparaissant, l'estérification rétrograderait. Quoi qu'il en soit il se ferait dans tous les cas de l'isobutylène $(CH_3)_2 = C = CH_2$ qui, par polymérisation, donnerait ensuite des cyclanes ramifiés ([2]). On constate en effet la formation de carbures de poids moléculaires élevés, ne fixant pas de brome. Dans certains cas ces carbures arrivent à former une couche surnageant le liquide sulfurique.

J'ai constaté en outre que l'anomalie présentée par l'estérification sulfurique de l'alcool isobutylique est accentuée par une élévation de température (23°) et au contraire atténuée par l'addition d'un peu d'eau (emploi d'acide ordinaire à 93,2 %).

En résumé il est inexact de considérer l'alcool isobutylique primaire comme inapte à l'estérification. Par l'acide sulfurique cet alcool donne au contraire un sulfate acide avec une vitesse et un rendement comparables à ceux des autres alcools primaires. Mais, en présence d'un excès d'acide, par suite de la formation subséquente d'un carbure éthylénique, qui se condense ensuite en carbures

([2]) BUTLEROW, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 6, p. 561.

saturés cyclaniques, l'ester formé d'abord disparaît, et cela d'autant plus vite que la température est plus élevée, l'acide plus concentré et en plus grand excès. Au-dessous des proportions équimoléculaires, l'estérification sulfurique est tout à fait normale.

L'estérification sulfurique du butanol secondaire et de l'isopropanol, qui fait actuellement l'objet d'études analogues, paraît présenter les mêmes phénomènes, mais plus atténués. Il en est probablement de même, mais à un degré encore plus faible, du butanol normal primaire et du propanol primaire.

MINÉRALOGIE. — *Note sur les minéraux phylliteux et leurs altérations.* Note (*) de M. **Charles Kiefer**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude systématique des propriétés physiques des minéraux phylliteux et particulièrement de la déshydratation thermique nous a permis de montrer que l'on devait distinguer deux et même trois variétés distinctes pour chaque minéral considéré actuellement comme unique. Les phénomènes d'érosion ou de broyage au laboratoire dans des milieux aqueux étendus produisent des altérations physiques auxquelles s'ajoutent plus rarement des altérations chimiques.

L'altération physique d'un minéral est caractérisée par le faciès argileux, une diminution notable de la stabilité thermique et une modification profonde des autres propriétés physiques (dilatation-retrait, analyse thermique différentielle, etc.). Nous avons distingué les variétés en ajoutant au nom du minéral les symboles α pour les variétés ordinaires macrocristallines et β ou γ pour les variétés argileuses moins stables.

Nous avons vérifié que la stabilité et la zone de déshydratation ([1]) sautent d'une façon brusque de la zone caractéristique du minéral α à une autre à plus basse température, aussi bien définie et qui est caractéristique du minéral β.

C'est ainsi que nous avons pu mettre en évidence l'existence d'une pyrophyllite β, d'une phlogopite β, d'une lépidolite β, d'une biotite β, d'un talc β et d'une variété moins stable γ qui se forme en milieu alcalin en même temps qu'a lieu la transformation du talc en antigorite. La muscovite est, ainsi que nous l'avons démontré, identique aux illites, glimmerton, argiles micacées, etc. Ces dénominations erronées seraient à proscrire. L'étude du clinochlore nous a conduit à distinguer trois variétés. Le clinochlore α le plus stable se déshydrate en une seule fois. L'altération affaiblit les liaisons entre les feuillets

(*) Séance du 27 février 1950.
([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1021-1022.

brucites et les feuillets phlogopites et entraîne un dédoublement de la déshydratation. Le clinochlore β en gros cristaux et le clinochlore γ argileux présentent deux départs d'eau. Il y a déplacement vers les basses températures de la zone de déshydratation des feuillets brucites.

Le phénomène d'altération physique est général pour tous les minéraux phylliteux. Les propriétés des variétés α et β sont très différentes mais toujours parfaitement définies.

A côté de l'altération physique due à la perturbation des forces de liaisons des ions superficiels et qui conserve la composition chimique et la structure du minéral, peut se présenter une altération chimique. Celle-ci se présente particulièrement en milieu alcalin. Nous avons ainsi obtenu de la kaolinite à partir de pyrophyllite, des antigorites α et β à partir du talc et un minéral inconnu, type antigorite substituée, à partir de la lépidolite. Il y a alors élimination d'une couche tétraédrique et passage du minéral à 10 Å à un minéral analogue au minéral équivalent à 7 Å. Outre l'intérêt théorique de la connaissance de telles transformations, celles-ci permettent d'expliciter et de suivre certains phénomènes géologiques conduisant à des altérations.

	Couche octaédrique type $3Mg^{++}$.		Couche octaédrique type $2Al^{+++}$.	
Minéral.	Variété α.	Variété β.	Variété α.	Variété β.
7 Å........	Antigorite (ex β)	Antigorite (ex α)	–	Kaolinite
	590, 665–750, 800	490, 585–680, 720	–	430, 490–570, 730
10 Å........	Talc α	Talc β	Pyrophyllite α	Pyrophyllite β
	900, 925–1010, 1030	830, 870–950, 970	640, 690–780, 850	450, 500–630, 700
	–	Talc γ	–	–
	–	790, 800–900, 930	–	–
10 Å (mica).....	Phlogopite α	Phloglopite β	Muscovite α	Muscovite β
	1120, 1140–1210, 1230	850, 885–1100, 1125	765, 785–905, 940	415, 450–550, 600
	Lépidolite α	Lépidolite β	–	Glauconie
	750, 840–930, 1030	705, 770–920, 940	–	400, 440–560, 625
14 Å........	Clinochlore α	Clinochlore γ	–	–
	650, 820–900, 920	525, 550–600, 650	–	–
	Clinochlore β	770, 800–830, 850	–	–
	595, 665–770, 790	–	–	–
	790, 805–885, 890	–	–	–

GÉOLOGIE. — *Sur quelques caractères remarquables de la formation précambrienne connue sous le nom de poudingue de Granville.* Note de MM. **Eugène Wegmann**, **Louis Dangeard** et **Maurice Graindor**, présentée par M. Charles Jacob.

Il existe à Granville des faciès spéciaux du Précambrien : poudingue à galets variés, ancienne boue contenant des éléments très hétérogènes, schistes finement zonés. Cette association rappelle celle des dépôts glaciaires des séries anciennes et, en particulier, du Précambrien nordique.

Cette formation, bien exposée en falaise, fait partie du *Système des Phyllades de Saint-Lô* (Briovérien). Elle a été étudiée par Barrois, Hébert, Bigot, Mathieu. Barrois (1) et Mathieu (2) ont donné la liste des galets contenus dans le poudingue. Ils ont reconnu la présence de granite identique à celui des îles Chausey, de granite granulitique, de schistes noirs cornés, de roches volcaniques, etc.

Au cours d'une excursion dans les régions les plus typiques du Précambrien normand, l'un de nous (E. W.) a été frappé par la ressemblance entre certains bancs qui accompagnent le poudingue de Granville et les formations d'origine glaciaire (*tillites* et *roches à varves*) du Précambrien des régions nordiques (Norvège, Finlande, Groenland, etc.). Après de nouvelles observations il nous a semblé intéressant de présenter une première mise au point.

On peut distinguer dans la formation de Granville trois faciès lithologiques qui alternent.

1° un poudingue à galets variés et bien roulés; c'est celui qui a été décrit par Barrois;

2° des dépôts mal stratifiés qui représentent une ancienne boue consolidée contenant des éléments très hétérogènes au point de vue granulométrique; les dimensions varient depuis celles des matériaux argileux, des grains de sables et des galets jusqu'à la grosseur de la tête. Ces éléments sont répartis sans ordre. Les galets nagent le plus souvent dans une masse beaucoup plus fine. Une recherche attentive a permis de trouver des stries sur quelques galets. D'autres présentent de fines lignes en relief comme certains cailloux éoliens. On trouve souvent des galets à arêtes bien arrondies. Nous avons remarqué un galet dont la composition est analogue à celle de la gangue (*galet de boue* probable). La granulométrie correspond à celle d'une moraine de fond, la structure et l'aspect à un dépôt tassé avant sa consolidation (3). Certains traits de structure de ces intercalations d'épaisseur très variable indiqueraient peut-être des déformations avant la diagénèse, soit par ce que les géologues anglais appellent *slumping*, soit par pression glaciaire;

---

(1) *Légende de la feuille de Granville* et *Ann. S. G. N.*, 12, 1884, p. 154.

(2) Sur les rhyolites et les granites prévarisques en Normandie et en Vendée. (*B. S. G. F.*, 5e s., 13, 1943, p. 139-151).

(3) *Cf.* Ellen Louise Mertz, *Danmarks geol. Unders*, III. R., n° 29, 1949, p. 31-32.

3° des schistes formés de fines zones alternativement claires et sombres et dont la structure rappelle celle des varves typiques (¹).

Le tout est encadré par la série clastique des schistes et grès feldspathiques du Briovérien.

Cette *trilogie* curieuse rappelle l'association bien connue des séries glaciaires anciennes, à savoir : les tillites, anciennes formations morainiques, les varves provenant de la fonte saisonnière des glaces, et les poudingues fluvio-glaciaires ou glacio-marins. Elle peut aussi être comparée à une association de dépôts périglaciaires comprenant des poudingues, des coulées de solifluction et des limons.

Nous n'oublions pas d'ailleurs que des boues hétérogènes et des schistes à varves se déposent parfois dans d'autres conditions de climat, que des stries peuvent se produire exceptionnellement sur des galets en dehors des moraines ou des coulées de solifluction. Il faut noter enfin qu'il est difficile de trouver des caractères aussi nets dans les formations très anciennes, modifiées par des mouvements orogéniques successifs, que dans les couches plus récentes.

On connaît plusieurs époques glaciaires dans les séries précambriennes. Les plus récentes sont celles qui se placent à la base du Cambrien et que l'on désigne en Fennoscandie sous le nom de *glaciations éocambriennes* ou *subcambriennes.* On en retrouve les traces depuis la Côte mourmane au Nord jusque dans la région des sparagmites du Sud de la Norvège, sur une longueur d'environ 1700^{km}. Des formations analogues sont connues de l'Écosse (*Schiehallion Boulder Beds*), du Groenland oriental et septentrional et du Spitzberg. Elles ont une répartition très vaste en Sibérie, en Asie centrale, en Chine, aux Indes, en Afrique du Sud, au Congo, au Canada et aux États-Unis.

La coupure entre les formations du Précambrien supérieur et le Cambrien, marquée dans de nombreuses régions par des traces de glaciations anciennes, est une des questions fondamentales de l'histoire terrestre. La région normande, située en marge des pays couverts autrefois par les glaciations subcambriennes du pourtour de l'Atlantique septentrional, occupe une place particulièrement intéressante.

Le problème mérite d'être posé : il faudra expliquer l'existence de cette association de faciès et la présence d'une ancienne boue consolidée ressemblant à une tillite et contenant des galets striés. L'attention doit être attirée sur des formations analogues du Massif armoricain. Nous espérons que des recherches ultérieures apporteront la lumière sur cette question importante pour l'étude du Précambrien de l'Ouest de la France et de ses relations avec les formations subcambriennes du pourtour de l'Atlantique septentrional.

(¹) G. de Geer, *Principles Kgl. Sv. Vetensk. Akad.* 3ᵉ série, Bd 18, n° 6, 1940; L. W. Collet, *Varves récentes et anciennes* (*C. R. Congr. Internat. Géogr.*, Paris, 1931, 2, 1ᵉʳ fasc., p. 371-377.)

GÉOLOGIE. — *Age des phosphates et des latéritoïdes phosphatés de l'Ouest du plateau de Thiès (Sénégal).* Note de M. **Fernand Tessier**, présentée par M. Paul Fallot.

Les latéritoïdes phosphatés de cette région, généralement considérés comme le résultat d'une métasomatose relativement récente d'affleurements de couches à phosphate de chaux, sont en réalité, au moins en partie, interstratifiés dans des dépôts d'âge Lutétien inférieur et associés à des phosphates de chaux dont ils pourraient dériver par une transformation ayant débuté à la même époque.

Les latéritoïdes phosphatés du *Plateau de Thiès* ont attiré l'attention depuis seulement une vingtaine d'années. D'après Besairie (¹), le mérite de leur découverte paraît devoir être attribué à l'Ingénieur-géologue Suess, en 1930. Récemment G. Arnaud (²) les a étudiés en détail et a fourni une explication de leur genèse. Ils forment le sommet de la cuesta de Thiès, cuesta passant à 5-6^{km} à l'Ouest de cette localité et orientée Nord-Sud. Ils constituent un énorme tonnage de minerai double d'aluminium et de phosphore.

La prospection menée depuis quelques années par une entreprise privée dans la région de Pallo a mis en évidence, sous ces latéritoïdes, l'existence de lentilles de phosphate de chaux, localement puissantes, intercalées dans des argiles grasses à petits nodules de phosphate de chaux, et dans des calcaires marneux fossilifères. Ce faisceau phosphaté repose sur l'Yprésien (marnes de la Falaise de Thiès à la base et calcaires de N'Gazobil au sommet). Une lacune marque, ici, le sommet de l'Yprésien puisque les calcaires de N'Gazobil sont, tout au long de la cuesta, peu épais et discontinus. Vers l'Est, les bancs intercalaires marins du faisceau phosphaté prennent de plus en plus d'importance, et les lentilles de phosphate disparaissent tout à fait. On assiste au passage latéral à des couches strictement marines contenant notamment des *Echinolampas*.

On pouvait admettre que la richesse en phosphore des latéritoïdes surincombants avait sa source dans le phosphate de chaux, en faisant intervenir un processus subactuel de lessivage et de transformation. Or une série de puits de prospection vient de montrer dans les environs du village de Pallo, sous quelques mètres de latéroïde phosphaté, considéré comme habituel, des couches marneuses et calcaires à fossiles éocènes et *à nouveau plusieurs mètres* (7^{m} *en un point*) *de latéritoïde phosphaté tout à fait analogue à celui que l'on rencontre en surface.* Des rognons de phosphate de chaux se rencontrent à la base de ce deuxième niveau de latéritoïde.

(¹) *Monographie géologique du Sénégal*, rapport inédit (*Archives de la Direction des Mines de l'A O. F.*, Dakar, 1943).

(²) *Les ressources minières de l'Afrique Occidentale* (*Bulletin de la Direction des Mines de l'A. O. F.*, n° 8, Paris, 1945) et *Annales des Mines et des Carburants*, Novembre-Décembre 1945.

Pour synthétiser les observations ci-dessus ainsi que d'autres qui figureront dans un travail à paraître, je pense qu'il faut admettre à la fin de l'Yprésien, la surrection d'un haut fond situé un peu à l'Ouest de la cuesta de Thiès, surrection qui ramène le Maestrichtien de la profondeur et donne leur pendage vers l'Est aux marnes yprésiennes. Je ne fais là que préciser une hypothèse qui ressort des travaux de F. Jacquet et de M. Nickles ([3]). Au voisinage de ce haut fond se manifestent des lacunes et se forment des dépôts de phosphate de chaux, alors que, vers l'Est, la sédimentation marine ne subit ni arrêt, ni changement. Le renouvellement faunique intervenu me permet de situer cet épisode au Lutétien inférieur. Localement, des émersions se produisent et les phosphates de chaux nouvellement formés fournissent leur phosphore à une nouvelle évolution des sédiments exondés, mal définie encore, mais ayant sans doute quelques traits communs avec le phénomène de bauxitisation. Cette évolution conduit à des phosphates d'alumine, puis le dépôt marin reprend temporairement.

La présence de moules internes de Foraminifères parfaitement reconnaissables notée par G. Arnaud (*loc. cit.*) et qu'il sera intéressant d'étudier, de restes organiques divers dans les phosphates d'alumine, montre que la trame de la roche primitive a subsisté malgré une tendance à la structure faussement gravillonnaire un peu analogue à la structure *perlitique* des bauxites (de Lapparent).

L'étude de la topographie des dépôts postérieurs lutétiens et de leur position altimétrique amène à penser que la zone en voie de surrection précédemment définie n'a pas été recouverte entièrement par ces dépôts. Aux abords du méridien de la cuesta de Thiès, les conditions propres de formation des phosphates d'alumine ont donc débuté au Lutétien inférieur, et c'est là que ces conditions ont persisté le plus longtemps. Cela rend compte dans une certaine mesure de l'épaisseur plus grande dans cette zone de ces curieux minerais. Suivant en quelque sorte le retrait progressif de la mer du golfe sédimentaire sénégalais, qui s'achève au début de l'Éocène supérieur, ces conditions ont pu persister en des points privilégiés en se déplaçant quelque peu vers l'Est. On observe en effet des phosphates de chaux d'âge post-lutétien supérieur localement bauxitisés.

Beaucoup plus tard, après la mise en place du Continental terminal, alors que l'évolution bauxitisante est terminée depuis longtemps, se formera la croûte ferrugineuse (Pliocène?) qui s'observe très généralement sur tous les termes antérieurs au Continental terminal, y compris les latéritoïdes phosphatés. L'indépendance stratigraphique de cette croûte et des latéritoïdes est démontrée par l'observation que je viens de faire de la présence de blocs

---

([3]) *Notice explicative de la feuille Dakar-Ouest au* 1/1 000 000, Dakar, 1943, p. 7.

de latéritoïde phosphaté projetés dans les tufs volcaniques de Toubab Diallao, blocs évidemment antérieurs à la croûte ferrugineuse qui recouvre uniformément les tufs.

GÉOLOGIE. — *Niveau stratigraphique des bauxites d'Espagne.* Note de M. **Albert F. de Lapparent**, présentée par M. Paul Fallot.

Des affleurements de bauxite ont été signalés en divers points dans le Nord-Est de l'Espagne; mais leur âge géologique n'a jamais été bien précisé. Nous sommes désormais en mesure d'indiquer leur position dans la série stratigraphique.

On peut répartir en trois groupes les gisements à décrire.

1. Le massif de collines qui s'étend entre Barcelone et Tarragone comporte les plus anciens gisements de bauxite connus en Espagne [1]. Le Trias affleure largement dans la région, avec ses trois termes : grès, psammites et argiles rouges du Trias inférieur; calcaires gris fumé du Muschelkalk; argiles lie de vin et gypse du Keuper. La bauxite se rencontre dans les zones synclinales remplies de Keuper; mais son mur est toujours constitué par des calcaires dolomitiques ou des dolomies. Ces terrains se trouvent superposés à des argiles vertes alternant avec de petits bancs dolomitiques, qui couronnent régulièrement le Keuper typique. On ne peut confondre ces couches avec le Trias et nous serions inclinés à les attribuer au Lias inférieur. En aucun cas, la bauxite en place ne se trouve dans le Keuper. De plus, l'origine éluviale qu'on lui attribue maintenant fait exclure qu'elle puisse être d'âge triasique et la fait reporter à une époque très postérieure.

Souvent, la bauxite n'a pas de toit; ou bien elle est surmontée par des couches rouges continentales (Eocène inférieur), subordonnées aux calcaires marins à Alvéolines (Yprésien). C'est dire que les bauxites entre Barcelone et Tarragone ne peuvent être datées avec précision; mais la considération des régions suivantes va permettre de serrer de plus près le problème.

2. Dans les Pyrénées catalanes, entre la Sierra del Cadi et Balaguer (province de Lérida), les publications récentes [2] semblent situer la bauxite tantôt sur l'Urgonien, tantôt sous le Turonien-Santonien, tantôt sous le Campanien. En réalité, la bauxite est toujours comprise, dans cette région, entre les mêmes étages.

Le mur, plus ou moins profondément entamé par une longue période d'érosion, est formé : soit par une épaisseur notable de dolomies grises pul-

(1) Faura y Sans et J. B. Bataller, *Bul. Soc. géol. France*, (4), 20, 1920, p. 78.

(2) J. B. Bataller, *Las bauxitas del Pirineo de Lerida* (*Mem. Acad. Cienc. Barcelona*, 1943, p. 41); A. Almela et J. M. Rios, Explicacion del mapa geológico de la provincia de Lerida 1/200000, Madrid, 1947.

vérulentes, attribuées au Dogger, soit par des calcaires dolomitiques immédiatement superposés aux marnes à Gryphées et à *Rhynchonella cynocephala* du Lias supérieur (Aalénien); ces calcaires peuvent d'ailleurs passer à des dolomies ayant la même position statigraphique.

Le toit est partout constitué par des grès grossiers, tendres, à dragées de quartz, mêlés de niveaux argileux. Cette formation fluviatile, qui montre dans la coupe du Montsech, par exemple, des intercalations saumâtres et marines à Huîtres, Rudistes et Foraminifères (Milioles et grandes Lacazines abondantes), est datée comme santonienne. Elle est surmontée par les calcaires campaniens à Hippurites et Sphérulites, qui forment les corniches des Sierras.

Les bauxites des Pyrénées catalanes sont donc comprises entre le Dogger et le Santonien. Mais la répartition complexe du Crétacé dans cette zone semble indiquer que la mer a envahi dès l'Aptin des régions basses, tout en laissant émergées des surfaces sur lesquelles se poursuivait l'élaboration des bauxites.

3. Sur la bordure méridionale du bassin tertiaire de l'Ebre, quelques poches de bauxite ont été exploitées à Fuentespalda, au flanc d'un anticlinal déversé vers le Nord. Le mur est constitué par des calcaires jurassiques riches en Ammonites (*Nebrodites* cf. *guilherandense* Font., *Ataxioceras* cf. *hypselocyclus* Font.) indiquant le Kimmeridgien inférieur ([3]).

Le toit est un calcaire blanc, crayeux, à Radiolites sénoniens.

En conclusion, on voit que toutes les bauxites du Nord-Est de l'Espagne sont d'âge crétacé, antérieures au Sénonien. Elles se sont épandues dans les anfractuosités karstiques d'une vieille surface de calcaires et de dolomies jurassiques, plus ou moins profondément décapée suivant les régions, depuis le Kimmeridgien (Fuentespalda), jusqu'au Dogger (Pyrénées de Lérida) ou au Lias inférieur (entre Barcelone et Tarragone). Le phénomène de bauxitisation, qui a peut-être commencé dès le Crétacé inférieur, a dû s'effectuer principalement pendant le laps de temps qui va de l'Aptien au Turonien. C'est-à-dire que les bauxites espagnoles se rattachent à l'ensemble des bauxites du Midi de la France, d'Italie, de Yougoslavie, de Hongrie, formées sous un même climat tropical régnant sur toutes ces régions vers le milieu des temps crétacés.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la morphologie de la région des lacs Pisidiens (Asie Mineure)*. Note (*) de M. **Xavier de Planhol**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Des recherches récentes (juillet-août 1948) permettent d'éclairer certains points de l'évolution morphologique des petits blocs montagneux et des fossés lacustres dont l'imbrication caractérise le relief de la région Pisidienne.

([3]) Déterminations dues à M. H. Tintant.

(*) Séance du 20 février 1950.

A. La morphologie des blocs apparaît tout entière post-néogène. Les niveaux d'érosion étagés sur leurs flancs sont restés horizontaux ou sub-horizontaux et n'ont pas été affectés par les déformations qu'ont subies les dépôts néogènes.

La plus élevée de ces surfaces a été repérée aux environs de 1500-1530^{m}, notamment sur les deux flancs du Yan Dağ (rive Sud-Est de l'Aci Göl), et dans le Davras Dağ (massif entre le lac d'Eğridir et la plaine d'Isparta). C'est un niveau fluvio-karstique caractérisé par un lacis de vallées et des petites plaines encastrées dans la montagne (comme la Kul-Ova dans le Davras Dağ). Il marque une époque où les différentes cuvettes lacustres n'évoluaient pas encore de façon distincte. Au-dessous de ce niveau s'individualisent les dépressions.

B. Sur le versant Ouest du Yan Dağ au-dessus de l'Aci Göl on observe deux niveaux à 1240-1260^{m} et 1360-1380^{m} qui ne se retrouvent pas sur le versant oriental. Ils marquent les étapes de la révélation de la cuvette lacustre, due pour la plus grande part à l'érosion différentielle au détriment des dépôts néogènes (leur limite supérieure est une limite d'érosion).

C. L'évolution de la grande dépression dont le lac de Burdur occupe la partie basse apparaît très complexe. La limite du Néogène est une limite tectonique, bien caractérisée sur tout le flanc Sud de la dépression (abrupt des Kiravgaz Dağlari au-dessus des collines argilo-sableuses au Sud de Burdur, faille bordière du massif de l'Ak Dağ liée aux épanchements volcaniques dans lesquels se trouve le petit lac du Gölcuk au Sud-Ouest d'Isparta). Une phase particulièrement importante est celle d'un lac à travertin dont les dépôts discordants sur le néogène ont près de 80^{m} d'épaisseur à Kurna köy à 5^{km} au Sud de Burdur et contiennent une flore de saules (*Salix cf.* varians Gœppert et *Salix angusta* A. Br.). La période de dissolution chimique et de calme tectonique marquée par le lac à travertin se poursuit après le retrait des eaux provoqué par un léger affaissement. On assiste alors à l'élaboration d'une vaste plaine d'érosion, aux altitudes de 1050-1100^{m} qui recoupe le travertin (sous un angle très faible) et les calcaires crétacés du socle. Cette surface constitue les plaines de Lengüme de Mandira et de Çine au Sud de Burdur. C'est à elle qu'il faut ramener des replats à la même altitude dans les montagnes qui bordent au Sud le lac de Yarişli et les plaines qui s'étendent à l'Est du lac de Salda (Ibrala ovasi) et du Çorak gölü. Sa platitude remarquable dans la région de Burdur est liée à la nature calcaire des roches sur laquelle elle se développe. Elle apparaît élaborée essentiellement par des eaux résurgentes (un important réseau de rivières souterraines débouche dans la plaine de Çine à l'altitude de la plaine et se développe à l'intérieur des montagnes calcaires en continuité avec ce niveau). Puis des mouvements tectoniques du quaternaire récent provoquent la constitution des cuvettes lacustres actuelles. Le travertin est faillé à Kurna Köy. La dissymétrie du

fossé du lac de Burdur concorde avec l'extension beaucoup plus grande des anciennes nappes lacustres sur la rive orientale, l'abrupt des Söğüt Dağlari à l'Ouest du lac étant beaucoup plus raide.

Les anciens niveaux quaternaires du lac de Burdur ont été étudiés par Herbert Louis qui avait fixé leur altitude à 950^m. Le retrait des eaux dû à une modification climatique a amené également l'assèchement des petits lacs d'Öz Bağçe et de Karataş, au Sud-Ouest. Des anciens niveaux de plage ont été en effet trouvés à 980^m près du village de Boğaz ici et entre les villages d'Eğnes et de Mürseller, constitués par des cailloutis calcaires à stratification entrecroisée au-dessus d'une argile plastique épaisse d'une soixantaine de mètres. Par contre, le niveau du lac de Salda ne semble pas avoir varié sensiblement.

D. L'évolution de la dépression où se trouve le grand lac d'Hoyran-Eğridir, le petit lac de Kovada et la plaine allongée qui les sépare, est sensiblement analogue. Dans une cuvette tectonique Nord-Sud post-néogène (des dépôts néogènes basculés sont conservés au Nord-Est de la cuvette d'Hoyran) s'est développée la plaine de 1050-1100^m bien caractérisée sur tout le pourtour Sud-Est du lac d'Eğridir. Puis s'est dessinée la cuvette actuelle, essentiellement par dissolution chimique du calcaire, en suivant les orientations directrices de la tectonique. Le lac d'Eğridir et le lac de Kovada sont des *polje* quaternaires inondés, ce qui est affirmé par la faible épaisseur de la nappe d'eau (15^m d'après Loewe pour le lac d'Eğridir, 6^m pour le lac de Kovada) et les nombreux *hums* qui parsèment la plaine ou émergent (îles d'Egridir et du lac de Kovada) de la pellicule d'eau.

E. Ainsi la morphologie de la région des lacs est déterminée essentiellement par l'étagement d'une série de surfaces très récentes en liaison avec des mouvements tectoniques de détente et le retrait progressif des nappes lacustres.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *La formation du réseau hydrographique dans la région de Sétif et les mouvements postpliocènes*. Note (*) de M. **Jean Dresch**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Dans les hautes plaines, le réseau du Bou Sellam suit des ondulations synclinales pliocènes. Il est surimposé et antécédent dans la chaîne tellienne : les reliefs calcaires du Guergour, branché par l'oued, sont postpliocènes. A l'Est les chotts s'expliquent eux aussi par les ondulations du Pliocène et l'assèchement du climat.

L'oued Bou Sellam vient des hauteurs qui bordent les hautes plaines au Nord de Sétif. Les limons rouges pliocènes y reposent sur une surface d'aplanissement qui nivelle des formations surtout marneuses du Crétacé supérieur et de l'Eocène marin. La surface de base du Pliocène est inclinée, avec la

(*) Séance du 20 février 1950.

couverture, de 1200^m à moins de 1000, plus rapidement au Nord-Est de Sétif, vers une cuvette topographique et tectonique remblayée par les limons pliocènes surmontés de calcaires lacustres. Elle attire les oueds venus du Bou Taleb, au Sud (Monts du Hodna), qui ont pu franchir la ride anticlinale dj. Zdimm-dj. Youssef, crevée par des affleurements d'argiles permotriasiques (chott el malah). Mais la cuvette structurale se prolonge vers le Nord-Ouest, vers le Guergour : la surface de base du pliocène, recoupant toujours Eocène puis Crétacé, ne dépasse pas 950^m, en amont des gorges de Guergour, et dessine une large gouttière synclinale.

L'oued s'échappe des hautes plaines par les gorges creusées dans les calcaires turoniens, partiellement dolomitisés et très résistants, du Guergour. Or, à l'Est, les djebels calcaires du Tafat et de l'Anini sont séparés par un fossé tectonique où sont conservées les marnes mæstrichtiennes et sénoniennes ainsi que le Pliocène, toujours représenté par des limons interstratifiés avec des conglomérats de cailloux roulés d'assez gros calibre. Seul le conglomérat de base comprend de petits cailloux non roulés de très petit calibre. Au moment du dépôt, il n'existait donc pas de relief calcaire vigoureux, mais un fleuve puissant s'échappait vers le Nord-Ouest dans une très large vallée dont les formes se suivent au-dessus des gorges vers l'aval, grâce à de très hauts niveaux. S'il y avait eu capture, elle se serait faite, non à travers les calcaires dolomitiques du djebel Tafat, mais par la cuvette synclinale de La Fayette et le fossé qui, ouvert entre les djebels Tafat et Anini, a permis la conservation de roches tendres.

On doit donc conclure que le Bou Sellam est, dans les gorges du Guergour, surimposé à partir de la couverture tendre pliocène, et antécédent par rapport aux mouvements (plis, failles et fractures) postvillafranchiens qui ont déterminé la montée des blocs calcaires. En amont, le tracé coudé est déterminé par la structure, par les ondulations du Pliocène. Malgré la pente faible, l'oued a pu se maitenir dans une formation tendre et assez perméable parce qu'il provient de la zone de surélévation de Sétif, assez arrosée, tandis que dans les branches méridionales, jadis actives (bancs de conglomérats de cailloux roulés postpliocènes conservés dans le Chott el Malah), l'écoulement est partiellement désorganisé.

Il l'est davantage encore à l'Est, dans la région de Saint-Arnaud, entre les bassins du Bou Sellam et du Rummel : une des branches supérieures de l'oued el Kebir, l'oued Deheb, s'avance jusqu'au seuil des hautes plaines. Elle a largement déblayé les marnes du Crétacé terminal, les argiles à gypse miocènes et les limons entremêlés de conglomérats de cailloux roulés du Pliocène. Celui-ci est ployé en une cuvette, et, au-dessus de Sillègue, au flanc des calcaires crétacés du djebel Amdjounes, coupé par une faille de plusieurs centaines de mètres de rejet. Là aussi il apparaît que le Pliocène fossilise une surface d'aplanissement très évoluée, car il ne s'enrichit pas en cailloutis non roulés

au pied du relief calcaire. Il est surprenant que l'oued Deheb ne se soit pas avancé plus loin vers le Sud, puisque l'érosion régressive à laquelle on fait appel pour expliquer les captures ne rencontrait aucun obstacle. Or les hautes plaines sont occupées par des sbakh ou chotts. Il s'agit ou bien d'un réseau hydrographique inorganisé ou bien d'un réseau, dont les conglomérats de cailloux roulés du Pliocène laissent supposer l'existence en direction du Tell, et qui a été désorganisé à la fois par les ondulations du Pliocène et des changements de climat. Une légère ondulation anticlinale sépare le haut oued Deheb de Saint-Arnaud, la sebkrett Bazer, au Sud, est anticlinale, la sebkrett el Hamiett et le chott el Fraïne, plus au Sud encore, sont logés au contraire dans des cuvettes synclinales. L'oued Deheb est frappé d'impuissance au seuil des hautes plaines remblayées par des sédiments tendres et perméables qui font éponge, les nappes phréatiques s'inclinent vers les cuvettes des hautes plaines, de sorte que l'oued Deheb est mal alimenté. Pareil fait n'est d'ailleurs pas rare dans la région.

Ainsi convient-il de renoncer à la constitution par capture du réseau du Bou Sellam. On voit sans doute s'opposer un cours tellien profondément encaissé et des oueds hésitants, ou des chotts, dans les hautes plaines. Mais les uns et les autres sont les héritiers de puissants oueds pliocènes dont les cours s'épandaient dans des plaines sans relief au cours d'une période de climat savanien plus ou moins humide, comme dans le Soudan actuel. Le cours tellien est surimposé et antécédent, les cours supérieurs ont été, en outre, plus ou moins désorganisés au Quaternaire, à la fois par les ondulations ou fractures qui ont affecté le Pliocène et par les changements du climat qui ont provoqué tour à tour une surcharge de débris en période humide et une interruption de l'écoulement en période sèche. Les conclusions de l'étude de l'oued Kebir [1] et du Bou Sellam sont donc comparables.

PÉTROGRAPHIE. — *Ségrégation stratifiée dans une péridotite du Pinde et conditions de mise en place des ophiolites (Roches vertes).* Note de M. **Jan-Houghton Brunn**, présentée par M. Paul Fallot.

1. A la limite de la Macédoine et de la Thessalie, le Mont Kratsovon, digitation de la chaîne du Pinde vers l'Est sur la rive gauche du haut Pénéos, est essentiellement constitué par une péridotite qui prend, dans le ravin Ouest-Est passant sous le village de Kakoplèvre, un aspect stratifié très remarquable, particulièrement mis en valeur par l'alternance de bancs durs et de bancs plus tendres. Ces bancs ont une épaisseur de 10 à 20^{cm} et sont parfaitement parallèles et réguliers, excluant à la fois toute idée de flux ou de schistosité secondairement acquise; le passage d'un banc à l'autre ne se traduit souvent par

---

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 853.

aucun joint. Les bancs durs sont constitués par une roche noire, compacte; les bancs tendres par une roche vert-olive à fins filets de serpentine. L'examen au microscope révèle : que la première tend vers une lherzolite par la présence, à côté de l'olivine craquelée et serpentinisée dans les fissures, d'enstatite et d'un peu de pyroxène monoclinique; que la seconde est une dunite également serpentinisée dans laquelle deux plaques minces n'ont révélé aucune trace de pyroxène.

On est donc ici en présence d'une stratification primaire s'opérant au cours de la ségrégation dans un magma très tranquille (régularité des strates) et suivant un certain rythme. L'explication de ce rythme (connu à une toute autre échelle dans certaines précipitations chimiques) est malaisée. On peut supposer que l'olivine en voie de cristallisation, tombant lentement au fond par gravité et achevant de s'y cristalliser, provoque l'enrichissement en SiO_2 et en CaO, notamment, des couches immédiatement supérieures du magma, ce qui déclenche *avec un certain retard* le développement des pyroxènes; celui-ci ne s'arrête qu'après avoir fixé toute la chaux et diminué la teneur en SiO_2 des zones voisines du magma, accélérant ainsi la cristallisation de l'olivine qui se poursuit seule jusqu'à reprise du même processus. Ceci ne peut prétendre qu'à une représentation grossière d'un phénomène où la température et des interréactions complexes jouent certainement un grand rôle.

2. Il est d'ailleurs nécessaire d'envisager ce qui se passe dans ce massif péridotitique limité en le plaçant dans le grand ensemble des roches basiques du Pinde dont il fait partie et dans lequel j'ai trouvé tous les passages (allivalites, gabbros à olivine, etc.) à des roches mésocrates méritant presque le nom de diorites, et en outre, en grandes quantités, des dolérites et des basaltes (1). Vues sous cet angle, les péridotites ne sont elles-mêmes que le résultat d'une ségrégation dont la stratification décrite plus haut n'est qu'un effet localisé. Une zonation analogue se présente parfois, en plus petit, dans la disposition des éléments blancs et noirs des gabbros; mais fréquemment aussi on y observe de rapides variations de grains dans des sens quelconques, allant jusqu'à des structures pegmatitiques. Je reviens sur ce point un peu plus loin.

Dans le Pinde comme dans la plupart des grands massifs de roches basiques du Globe, il n'y a donc pas eu, originellement de magma péridotitique, mais un magma *ophiolitique* moyen. Pourquoi les phénomènes de différenciation pétrographique ont-ils été si importants dans ces magmas? Ce n'est pas en raison de leur composition particulière, tout magma contenant en puissance des produits de densité et de point de cristallisation différents. Ce ne peut être dû, selon moi, qu'aux circonstances dans lesquelles ils se sont consolidés, donc à leurs conditions de mise en place.

S'ils s'étaient consolidés à des profondeurs et sous des pressions considérables,

(1) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 109.

on admet (Bowen, Morey, Niggli) que les produits volatils n'auraient eu que peu de tendance à s'échapper, qu'il n'y aurait guère eu de possibilité *d'ébullition*, de distillation fractionnée du magma, donc de différenciation; la tendance à la cristallisation fractionnée due à l'abaissement de température sera limitée par l'activitité chimique prolongée du milieu. Ainsi s'élaborera une roche homogène représentant assez uniformément le magma, et qui pourrait même être un granite, surtout si l'on tient compte de la digestion des roches surincombantes. Dans le cas opposé d'un épanchement volcanique normal, la solidification brutale interdit également toute différenciation importante.

En fait, l'observation sur le terrain suggère que les ophiolites proviennent généralement d'épanchements fissuraux de dimensions énormes ([2]) (2^{km} d'épaisseur et plus) et de *type géosynclinal*. Dans ces conditions, une différenciation pétrographique devient très explicable. Les dolérites, basaltes et pillow-lavas que l'on trouve généralement au-dessus ou en bordure des roches grenues et au contact de leur couverture de radiolarites, se rapprochent le plus du magma originel. A l'abri de cette croûte, mais sous faible pression, les produits volatils sont montés dans le magma à l'état de vapeur, provoquant un enrichissement relatif de ses parties supérieures en éléments acides (formation des gabbros, gabbros à amphibole, pegmatitiques, etc.) et déclenchant dans ses parties plus profondes la cristallisation des résidus basiques dès lors en excès et leur accumulation tranquille sur le fond (péridotites); déterminant enfin, dans ses parties moyennes, de grands courants ascendants et descendants qui expliquent les mélanges de roches assez variées que l'on trouve surtout parmi les gabbros et les pyroxénites ainsi que les interpénétrations tant discutées avec les dolérites.

Le cortège ophiolitique n'aurait donc pu se former qu'à la surface de la lithosphère (généralement au fond de la mer), tout au plus très près de cette surface. Une mince couverture sédimentaire (pour Steinmann quelques dizaines de mètres de radiolarites) ne peut en rien transformer de telles masses en roches de profondeur. Cela suggère un contraste majeur entre les ophiolites *allochtones*, venues des profondeurs, et les roches granitiques (et métamorphiques) mises en place par une digestion de proche en proche de leur enveloppe, que l'on pourrait appeler *propagation immobile*.

PALÉONTOLOGIE. — *Observations nouvelles sur les coraux du Dévonien de la Saoura* (*Sud-Oranais*). Note (*) de Mlle **Dorothée Le Maitre**, transmise par M. Gaston Delépine.

Le Dévonien inférieur et moyen de la Saoura se présente sous divers faciès à séries fossilifères riches et variées. Les bancs coralligènes y contiennent des

([2]) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 735 et P. Routhier, *ibid.*, 222, 1946, p. 192.

(*) Séance du 27 février 1950.

éléments non encore signalés dans les formations dévoniennes d'Afrique du Nord. En cette Note, j'expose les faits nouveaux relatifs à deux familles de Polypiers : *Hadrophyllidæ*, *Michelinia* et quelques compléments sur le genre *Cleistopora*.

I. *Hadrophyllidæ*. — Cette famille comprend de petits polypiers, rarement pédonculés, en forme de disques plats, de *boutons*, dépourvus de planchers, de columelle, voire même de dissépiments. Certains genres sont localisés : *Combophyllum* M. E. et H. dans le Dévonien inférieur, *Xenocyathellus* Bass dans le Dévonien moyen, *Dipterophyllum* Rœm dans le Carbonifère; d'autres : *Microcyclus* M. et W., *Hadrophyllum* M. E. et H., *Baryphyllum* M. E. et H. se trouvent à la fois dans le Dévonien et le Carbonifère.

Ces polypiers sont bien connus aux États-Unis : *Microcyclus discus* M. et W., type du genre, caractérise l'Eifélien supérieur de l'Illinois; une zone à *Hadrophyllum*, tant ce genre y est abondant au Dévonien, caractérise l'Eifélien moyen du Nord et du Centre de l'Ohio, l'Eifélien moyen et supérieur du Nord du Kentucky et du Sud de l'Indiana.

En Europe, ces deux genres, représentés chacun par une espèce, sont connus avec certitude, dans les schistes à calcéoles de l'Eifel; *Hadrophyllum conicum* Barrois est la seule espèce trouvée dans le Coblencien supérieur d'Espagne et *Mycrocyclus eifeliensis* Kays. (= *M. præcox*) dans l'Eifélien inférieur de la rade de Brest.

Quant au genre *Cambophyllum*, il n'avait été signalé jusqu'à présent que dans le Dévonien inférieur d'Espagne et de la rade de Brest.

Or, *ces trois genres existent en Afrique du Nord*, représentés par *Microcyclus discus* M. et W. : synclinal de Tindouf et Ffaguira; *M discus* nov. var. : Ffaguira; cf. *M. lyrulatus* Bass, *M. thedfordensis* Bass, *M.* sp. nov. 1, *M.* sp. nov. 2, *M.* ex. gr. *præcox* F. Roem : Haci Abd el Adhim, *M. intermedius* Bass : Bas-Touat et Haci Abd el Adhim ([1]).

Hadrophyllum pauciradiatim M. E. et H., *H. pauciradiatim* nov. var. : Eifélien inférieur de l'Erg Djemel; *H.* sp. nov. 1 : Haci Abd el Adhim; *H.* sp. nov. 2 : Haci el Motleh; *H. orbignyi*; M. E. et H. : Haci Abd el Adhim, Dunou et Aseïl Kebir de l'Adrar mauritanien. Cette dernière espèce avait déjà été signalée en d'autres points de l'Afrique du Nord par Cottreau et moi-même ([2]). A cela se joignent des spécimens à caractères intermédiaires entre *Microcyclus* et *Hadrophyllum*.

Quant au genre *Cambophyllum*, je l'ai trouvé à Marhouma, à l'Erg Djemel et à El Kseib où il est représenté, dans l'*Eifélien inférieur* par *deux espèces nouvelles*.

([1]) Ces deux dernières espèces se trouvent aussi en Espagne (Coll. de Verneuil).

([2]) *B. S. G. F.*, X, 1940, p. 190; *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 855-857.

II. *Michelinidæ.* — Le genre *Michelinia* est largement représenté dans le Coblencien et l'Eifélien inférieur de la Saoura. Il contribue pour une grande part, à la formation de niveaux coralligènes qui constituent des points de repères stratigraphiques, notamment à Marhouma et à l'Erg Djemel.

C'est ainsi que *Michelinia convexa* d'Orb, très caractéristique de l'Upper Helderberg et du Corniferous limestone aux États-Unis, forme, à l'Erg Djemel au Coblencien supérieur, à Marhouma à la base de l'Eifélien, un banc où les colonies atteignent des dimensions considérables. Le matériel que j'y ai prélevé m'a permis de suivre le développement complet de cette espèce et d'identifier les belles colonies, au stade *néanic*, recueillies par Jacquet dans l'Adrar mauritanien (sud d'Aïdiate); celles-ci avaient été rapportées à tort à *Cleistopora geometrica*.

Deux autres espèces de Micheliniées du Dévonien inférieur et moyen des États-Unis : *M. dividua* Hall, se trouve dans l'Eifélien inférieur et *M.* ex gr. *stylophora* Eat. dans le Coblencien supérieur de l'Erg Djemel. Cette dernière espèce existe au Maroc, je l'ai trouvée à Hamar Laghdad (Tafilalet).

III. Genre *Cleistopora.* — Dans une Note antérieure, j'ai consigné la découverte, en Saoura, de *Cleistopora geometrica* M. E. et H., seule espèce du genre, connue dans le Massif armoricain à Viré et Loué dans la Sarthe. J'ai retrouvé cette même espèce en deux points nouveaux : Marhouma et Erg Djemel. Ce polypier qui apparaît dans les premiers bancs calcaro-gréseux de base du Coblencien forme sur la bordure sud de l'Erg Djemel (de El Kseib vers Ougarta), un niveau constant que j'ai suivi sur plusieurs kilomètres. Sa position stratigraphique : *Siegenien inférieur* est acquise avec certitude.

L'Eifélien inférieur des deux bords du synclinal de l'Erg Djemel m'a livré de nombreux spécimens de *Cleistopora* qui ne peuvent pas être confondus avec *C. geometrica*; les colonies, de petite taille, ont une forme très irrégulière et le tissu trabéculaire est grossier. Enfin, dans cette même formation eifélienne, j'ai recueilli de petites colonies voisines du genre *Cleistopora* : quelques-unes rappellent le genre *Squameophyllum* L. B. Smyth du calcaire carbonifère de Tournai.

Conclusion. — 1. La présence, en Afrique du Nord, des genres *Cambophyllum, Microcyclus* et *Hadrophyllum* agrandit l'aire d'extension connue de ces polypiers.

2. Hadrophyllidæ, Michelinіæ et Cleistopora sont assez abondants dans la Saoura pour y former dans le Coblencien et l'Eifélien, des repères stratigraphiques.

MYCOLOGIE. — *Sur un nouvel antibiotique, l'*Alternarine, *et sur quelques autres substances extraites de cultures d'une souche d'*Alternaria solani. Note (*) de MM. **Hermon Darpoux**, **Albert Faivre-Amiot** et **Louis Roux**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note précédente ([1]) nous avions signalé qu'une souche d'*Alternaria solani* avait des propriétés antagonistes sur de nombreux agents phytopathogènes.

Le champignon, cultivé sur des milieux liquides contenant : pomme de terre 200^g, glucose 15^g, eau 1000$^{cm^3}$ ou blé germé 50^g, eau 1000$^{cm^3}$, sécrète une substance très active sur diverses bactéries. Le jus brut des cultures est surtout actif lorsque le champignon a été ensemencé depuis 18 à 22 jours et maintenu à l'étuve à la température de 22 à 25°. Nous avons isolé et purifié la substance active. Nous proposons de l'appeler *alternarine*.

Pour extraire cette substance, on filtre le jus de culture. On l'épuise à son pH naturel 7,5 à 8, par deux fois 300$^{cm^3}$ d'éther, pour 1^l. Les extraits éthérés sont lavés par 50$^{cm^3}$ d'eau distillée, puis déshydratés par So_4Na_2. On distille ensuite l'éther au bain-marie à 50° jusqu'à un volume de 20$^{cm^3}$. Par évaporation à sec dans le vide, on obtient environ 100^{mg} d'une laque brune, qui, conservée quelques jours à l'excicateur produit spontanément des cristaux blancs en aiguilles. Ces cristaux, moins solubles dans l'éther que la substance amorphe, peuvent être lavés rapidement dans ce réactif. On les purifie par recristallisations dans l'éther, en ajoutant quelques gouttes d'alcool. Ils ont pour point de fusion 230°C. Ce sont eux qui donnent au jus brut ses propriétés antibactériennes.

Leur activité a été éprouvée par la méthode de Vincent, en déposant la substance sur des rondelles de papier filtre et en mesurant à la surface d'un milieu gélosé, la zone d'inhibition ou de lyse. La substance s'est montrée active en particulier sur :

1° des bactéries gram-positives : *Bacillus alvei* (+++) ([2]), *Bacillus subtilis* (+++), *Bacillus mesentericus* (+++), *Bacillus mycoides* (++), *Staphylococcus aureus* Oxford (++), *Staphylococcus albus* (++), *Sarcina lutea* (++), *Streptococcus hemolyticus* (+);

2° des bactéries gram-négatives : *Pseudomonas medicaginis* (+++), *Pseudomonas mori* (+++), *Xanthomonas phaseoli* (+++), *Pseudomonas malvacearum* (++), *Xanthomonas campestre* (++), *Proteus vulgaris* (++), *Agrobacterium tumefaciems* (+), *Escherichia coli* (+);

3° des germes acido-résistants paratuberculeux : *Mycobacterium phlei* (++), *Mycobacterium sp.* (+);

4° des Champignons : *Penicillium claviforme* (+), *Penicillium chrysogenum* (+), *Botrytis allii* (+).

(*) Séance du 27 février 1950.

([1]) *C. R. Acad. Agric.*, 35, 1949, p. 266.

([2]) +++ : action nette à moins de 16 γ par rondelle de papier filtre.

Du jus de culture de l'*Alternaria solani*, nous avons, par ailleurs, extrait un *pigment rouge* et une autre substance par adsorption sur charbon et élution par le méthanol. On évapore ce dernier, puis on ajoute une ou deux gouttes d'acide sulfurique dans le liquide aqueux concentré. Il se forme un précipité d'une substance blanche qu'on élimine par trois ou quatre lavages à l'éther. Le liquide aqueux épuisé par l'éther est concentré lentement dans le vide. Il apparaît alors des cristaux rouges, en forme de losanges ou de glaives, assemblés en étoiles ou en oursins. Ces cristaux sont purifiés par recristallisation dans l'eau. Ils sont solubles dans l'eau, dans l'acétone et dans l'alcool, insolubles dans l'éther. Ce corps vire au violet à pH alcalin et devient alors insoluble dans l'alcool et très soluble dans l'eau. Les cristaux rouges n'ont pas de point de fusion; ils se décomposent vers 260° C, en laissant un résidu charbonneux. Il n'ont pas montré de propriétés antibiotiques nettes.

La substance blanche, précipitée par l'acide sulfurique, au cours de la purification du corps rouge, est soluble dans l'éther. Elle cristallise trés facilement par évaporation de l'éther On la purifie par recristallisation dans l'éther ou mieux dans le méthanol aqueux. Son point de fusion est 135° C. Son pouvoir antibactérien est faible. Il s'agit vraisemblablement de l'*acide alternarique*, obtenu récemment par Brian et ses collaborateurs ([3]).

D'autre part, nous avons isolé plusieurs substances à partir du mycélium du champignon. Le mycélium broyé, essoré, séché à l'air, épuisé trois fois par l'éther, donne, par évaporation, une substance brune graisseuse. Par lavage à l'éther de pétrole, on sépare une *huile brune* qui, après purification par chromatographie, est incolore et ne présente pas de propriétés antibiotiques. Le résidu insoluble dans l'éther de pétrole peut être fractionné par simple lavage à l'éther ou à l'acétone. On obtient :

1° Une *substance jaune*, moyennement soluble dans ces réactifs, qu'il est très facile de purifier par recristallisations dans l'éther. Les cristaux ont la forme de filaments sinueux, souvent rassemblés en pelotes. Cette substance, conservée en vase clos se sublime et forme des cristaux en lames allongées, rassemblés en faisceaux, colorés en jaune. Cette substance n'a pas de point de fusion; elle se sublime totalement à 270° C. Elle est soluble dans les solvants organiques, insoluble dans l'eau. Elle se dissout instantanément dans les alcalis en donnant une coloration rouge orangé. Par neutralisation de l'alcali, elle réapparaît sous forme de flocons jaunes. Elle n'a pas montré de propriétés antibiotiques remarquables.

2° Un *vernis rouge*, très soluble dans l'éther, l'accool et surtout l'acétone. Par des mélanges de solvants (acétone et éther de pétrole), on peut séparer les impuretés et l'on obtient 200^{mg} d'un vernis presque incolore, pour une quantité de mycélium correspondant à 1 litre de bouillon de culture. On n'a pas encore

([3]) *Nature*, 164, 1949, p. 534.

pu faire crislliser cette substance, mais ses propriétés antibiotiques sont analogues à celles de la substance extraite du jus de culture et que nous avons appelée *alternarine*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Isolement de quelques constituants du complexe cireux de l'*Arbutus unedo *L.* (*Éricacées*). Note de M. **Antoine Sosa**, présentée par M. Marcel Delépine.

Lorsqu'on traite par l'alcool chaud les feuilles ou les rameaux de l'Arbousier commun (*Arbutus unedo* L.), il se dépose par refroidissement, dans le sein du solvant, un produit verdâtre de consistance cireuse. Ce complexe est formé d'un grand nombre de composés chimiques : hydrocarbures, alcools aliphatiques supérieurs, acides triterpéniques, stérols, chlorophylle, pigments lipoïdiques jaunes, etc.

Dans cette Note il sera question surtout des deux premières catégories de corps et d'un acide triterpénique, les autres corps seront décrits dans un prochain exposé. Les composés isolés à l'état libre sont les suivants : *hentriacontane* $C_{31}H_{64}$ (F 69°), *nonacosanol* $C_{29}H_{59}OH$ (F 84°), *triacontanol* $C_{30}H_{61}OH$ (F 86°), *dotriacontanol* $C_{32}H_{65}OH$ (F 89°) et *acide ursolique* (*ursone*) $C_{29}H_{46}(OH)COOH$ (F 290°), dont les quatre premiers ont été signalés pour la première fois chez l'Arbousier. De ces corps, l'hentriacontane est le plus abondant aussi bien dans les feuilles que dans les rameaux. Le nonacosanol est présent dans les rameaux, alors que son homologue supérieur est présent dans les feuilles. La teneur de la plante en ces alcools est d'environ deux à trois fois inférieure à celle de l'hydrocarbure.

La séparation de ces substances entre elles, fastidieuse ou inefficace par recristallisations, est réalisée aisément par chromatographie sur alumine n° 2 standardisée selon Brockmann et Schodder (dans le cas de l'acide ursolique le meilleur résultat a été obtenu avec Al_2O_3 n° 3 *bis*). Les alcools étant plus fortement fixés sur l'adsorbant, c'est en définitive l'hentriacontane qui passe presque exclusivement dans le filtrat. Les alcools sont ensuite décrochés par élution systématique ou bien par épuisement de la colonne d'Al_2O_3, à reflux, au moyen de l'éthanol ou d'un mélange de ce solvant avec C_6H_6 et $CHCl_3$

Hentriacontane, triacontanol et acide ursolique des feuilles. — 682^g de feuilles (contenant 9,3 % d'eau) sont extraits par l'éthanol bouillant. Il se dépose dans l'extrait concentré par refroidissement un produit cireux jaune verdâtre, lequel est traité par l'éther (app. de Soxhlet) : il se sépare de l'extrait éthéré 12^g d'une substance cireuse incolore. Celle-ci est purifiée dans l'alcool (A) et dans l'acétate d'éthyle : solide blanc cireux [1^g,35, F 74° (B) (1)].

(1) Tous les points de fusion ont été déterminés au bloc de Maquenne (fusion instantanée).

A partir du solide B on a obtenu l'hentriacontane et le triacontanol, tandis que l'acide ursolique est isolé des eaux-mères alcooliques A. Le solide B ($1^g,3$) est dissous dans 65^{cm^3} de C_6H_6 et chromatographié sur 12^g d'Al_2O_3 n° 2; la colonne est ensuite lavée d'abord avec C_6H_6 (I) puis avec C_6H_6 + acétone + éther (1 : 1 : 1) (II) et finalement avec acétone + $CHCl_3$ + éthanol (1 : 1 : 1) (III). Fraction (I) = 762^{mg}, F 67°; fraction (II) = 165^{mg}, F 78°; fraction (III) = 24^{mg}, F 79-80°.

Par purification de (I) dans C_6H_6 + acétone puis dans C_6H_6 + acétone + CH_3OH on obtient l'hentriacontane : feuilles nacrées, F 69° (trouvé % : C 85,1, H 14,9; Calculé % : C 85,2, H 14,7).

Les fractions (II) et (III) purifiées dans C_6H_6 + acétone, donnent un corps fondant à 86°, lequel fournit par acétylation pyridinée un dérivé acétylé qui fond à 74-75°; il s'agirait donc du triacontanol (litt., F 86°,5 et 75° respectivement) (2).

De la colonne d'Al_2O_3 traitée à chaud par éthanol + acticarbone, on sépare 100 milligrammes d'une substance incolore fondant après purification dans C_6H_6 + alcool + acétone, à 89° (dotriacontanol : litt., F 88°,2-89°,2) (2); acétate, F 76°-77°.

Acide ursolique. — Les eaux-mères alcooliques (A) laissent déposer, cristallisée en aiguilles, une substance fondant vers 280°. Après plusieurs cristallisations dans l'alcool, on recueille 35^{mg} d'acide ursolique pur, F 290° (trouvé % : C 78,56, H 10,55; calculé % : 78,89, H 10,59); dérivé monoacétylé, F 300°. Nous avons obtenu aussi l'acide ursolique à partir du produit cireux qui se sépare dans l'extrait alcoolique concentré des feuilles; ce produit est cristallisé dans l'alcool et finalement chromatographié [dissous dans $CHCl_3$ + C_6H_6 (4 : 1)] sur Al_2O_3 n° 3 *bis* (3). Après lavage avec $CHCl_3$ + éther, l'acide ursolique est élué par : acétone + éther + alcool; il est ensuite recristallisé dans l'alcool (+ acticarbone) : belles aiguilles fondant à 289° (trouvé % : C 78,65, H = 10,8).

Hentriacontane et nonacosanol des rameaux. — $3^g,7$ du produit cireux (F 79°) isolé de l'extrait alcoolique de 2^{kg} de rameaux sont dissous dans C_6H_6 et chromatographiés sur Al_2O_3 n° 2. Comme chez les feuilles, l'hentriacontane (F 69°, crist.) passe ici le premier (1520^{mg}). Après lavage avec les mélanges C_6H_6 + $CHCl_3$ + alcool et acétone + éther, la colonne est coupée en deux parties (le 1/3 supérieur grisâtre, le reste incolore) : elles sont traitées à chaud,

---

(2) Les résultats de l'analyse des alcools donnent un léger déficit en C; mais ayant préparé les dérivés acétylés correspondants, les points de fusion concordent très bien avec ceux relevés dans les publications. Néanmoins nous regrettons de n'avoir pu nous procurer les produits de référence dont la comparaison nous aurait donné une plus grande sécurité.

(3) Avec Al_2O_3 n° 2 l'acide ursolique s'est tellement bien fixé sur l'adsorbant, que pour le décrocher il a fallu traiter la colonne par l'alcool bouillant.

séparément par alcool $+C_6H_6+CHCl_3$; on obtient ainsi une seule substance fondant à 84° : après plusieurs purifications, le point de fusion reste inchangé (84°) : ce corps donne un dérivé acétylé dont le point de fusion est de 69°. Il s'agit donc vraisemblablement du nonacosanol (litt., F 83°,8-4°,2 et 68°-9° respectivement) (²).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les glucides du Topinambour. II. Rapports entre la composition glucidique des tubercules du Topinambour et les produits d'hydrolyse de l'inuline.* Note de M. **Raymond Dedonder**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les polyosides des tubercules du Topinambour, bien qu'ayant fait l'objet des célèbres recherches de Tanret (¹), puis de Schlubach et Knoop (²), pour ne citer que les travaux les plus importants, sont encore mal connus.

Nous avons pensé appliquer à leur étude la méthode de chromatographie sur papier (³). Nous avons préparé nos extraits par pression de tubercules frais récoltés au 15 novembre. Nous les avons purifiés par clarification à la Sharples puis passage sur un système résines-échangeurs d'ions, en évitant tout passage en milieu acide. Nous avons mis une tache d'un extrait ainsi purifié sur la ligne de départ d'un chromatogramme, employant la même méthode que dans notre précédente Note (⁴), et révélant soit au résorcinol chlorhydrique, soit à l'urée (5^g d'urée, 20$^{cm^3}$ HCl_2N, 80$^{cm^3}$ éthanol).

Nous avons observé une série de taches s'échelonnant entre le fructose et la tache initiale où demeure une part importante des osides. La deuxième tache a un déplacement identique à celui du saccharose dans différents solvants. On peut compter ensuite neuf autres taches bien individualisées, puis une queue partant de la tache initiale. Ceci confirme les résultats donnés par Bacon et Edelman dans leur récente Note (⁵). Si nous fractionnons notre extrait en trois parties : *a*. soluble dans l'alcool à 80° froid; *b*. soluble à l'eau froide; *c*. insoluble à l'eau froide, nous trouvons les neufs taches précédemment indiquées sur le chromatogramme de la fraction *a*. Or d'après Tanret cette fraction correspond seulement à un mélange de glucose, fructose, saccharose et synanthrine.

Nous avons comparé ces résultats à ceux obtenus sur les produits d'hydrolyse de l'inuline par la même méthode; le tableau suivant résume cette comparaison. Notons qu'il existe une légère différence entre les R_G donnés pour les produits d'hydrolyse de l'inuline dans notre dernière Note et ceux indiqués

(¹) *Bull. Soc. Chem.*, 1, 1893, p. 200, 227; 2, 1893, p. 623.
(²) *Ann.*, 504, 1933, p. 19.
(³) S. M. Partridge, *Biochem. J.*, 42 1948, p. 238.
(⁴) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 549.
(⁵) *Biochem. J.*, 45, 1949, XXVIII.

ci-dessous. Cela tient à une légère inconstance des déplacements, due au papier utilisé et aux variations de température que nous ne pouvons éviter. Ici, nous avons développé nos chromatogrammes ensemble sur une même feuille.

Chromatogramme de 100 heures. Solvant : Phénol aqueux.

$$R_G = \text{rapport} \frac{\text{déplacement du glucide}}{\text{déplacement du fructose}}.$$

		Produits d'hydrolyse de l'inuline.	Glucides du Topinambour.
Fructose		1,00	1,00
A.	2[e] tache (saccharose?)	0,79	0,79
B.	3 »	0,65	0,59
C.	4 »	0,51	0,50
D.	5 »	0,38	0,38
E.	6 »	0,28	0,28
F.	7 »	0,20	0,21
G.	8 »	0,145	0,15
H.	9 »	0,10	0,105
I.	10 »	0,072	0,077
J.	11 »	?	0,06

Ces séries sont presque semblables et suggèrent l'identité des osides correspondants. Il est toutefois très curieux de noter que les troisièmes taches (B) font exception et se trouvent nettement décalées.

La composition glucidique du Topinambour est donc encore plus complexe qu'on ne le croyait jusqu'ici. Il faut éliminer la conception de Schlubach qui ne voyait que deux sucres, l'inuline et la dilévane, les autres fractions isolées n'étant que des mélanges en proportions variables de ces deux molécules. Tanret avec ses cinq polyosides en plus du saccharose et des réducteurs avait plus approché la réalité bien qu'il soit vraisemblable qu'au moins certains de ses sucres étaient des mélanges.

L'étroite ressemblance entre les chromatogrammes des produits de l'hydrolyse ménagée de l'inuline et ceux des glucides des tubercules de Topinambour fait penser que ceux-ci dérivent pour la plupart de l'inuline par un processus d'hydrolyse au sein des tissus.

PHYSIOLOGIE. — *Étude de la vibration des cordes vocales et de la couverture du son sur le Mi 3 sous cocaïnisation profonde des thyro-aryténoïdiens internes.* Note de MM. **Raoul Husson**, **Édouard J. Garde** et **André Richard**, présentée par M. Louis Lapicque.

Observation au stroboscope de la vibration des cordes vocales fortement cocaïnisées; si le timbre est altéré, la vibration subsiste en voix de poitrine avec naissance d'une composante verticale; mais le fausset et l'exécution réflexe du passage du Mi 3 sont abolis.

1. Trois séries d'expériences avec observation laryngostroboscopique de la vibration des cordes vocales ont été faites, d'abord sans cocaïnisation, puis avec cocaïnisation du pharynx, et enfin avec cocaïnisation poussée du vestibule laryngé et du thyro-aryténoïdien interne. La solution employée était une solution à 3 %, dite de Hirsch.

Dans chaque série d'expériences, le sujet émettait, sous vision laryngostroboscopique et sur la même note d'émission, un è ouvert se transformant en é fermé et un é fermé se transformant en è ouvert, ceci successivement sur un Ré 3, un Mi bémol 3, puis un Mi 3.

2. Avec ou sans cocaïnisation, la transformation du son ouvert en son couvert (phénomène appelé passage de la voix ou couverture du son, et en allemand : Deckung) s'effectue toujours de la même façon. Lorsqu'elle se produit, on note ce qui suit : 1° l'épiglotte se relève; 2° l'amplitude de la vibration des cordes vocales subit une réduction légère, mais nette; 3° les cordes vocales paraissent recevoir un accroissement de rigidité ou de tension; 4° le thyroïde bascule en avant sous l'effet de la contraction du crico-thyroïdien; 5° les apophyses vocales des aryténoïdes baissent de niveau; 6° le modelé des cordes vocales pendant leur vibration, arrondi et boudiné sur le son ouvert, devient plus aminci et plus rubané sur le son couvert.

3. Avec cocaïnisation du pharynx, la couverture du son entraîne toujours l'observation des mêmes phénomènes, mais elle se fait plus difficilement et nécessite une action volitive beaucoup plus marquée de la part du sujet. Ceci montre que l'exécution réflexe du passage n'est pas simplement à stimulation proprioceptive laryngée ([1]), mais aussi à stimulation intéroceptive pharyngée.

4. Avec une cocaïnisation poussée du vestibule laryngé et des cordes vocales, on observe ce qui suit : 1° la voix de fausset a été immédiatement supprimée, pour revenir deux heures après. Ce fait paraît confirmer que l'émission des sons de fausset ne met en action que les fibres superficielles du thyro-aryténoïdien interne longeant le bord libre des cordes vocales; 2° l'émission des sons ouverts est beaucoup plus difficile, mais elle s'obtient toujours directement à

([1]) R. Husson, *Comptes-rendus*, 200, 1935, p. 1630.

la hauteur voulue; 3° l'exécution réflexe de la couverture du son paraît abolie, mais cette dernière se produit encore par un effort volitif intense; 4° les cordes vocales, tant en voix ouverte qu'en voix couverte, vibrent avec une rigidité diminuée et accusent une ébauche de composante verticale; 5° l'amplitude de leur vibration n'est pas sensiblement réduite.

Ces altérations vocales se sont maintenues pendant plus de vingt-quatre heures, caractérisant une laryngite expérimentale *sui generis*. La faculté d'ouvrir correctement un son, du La bémol 2 au Mi 3, est réapparue la dernière, et les sons ouverts sont demeurés pendant trois jours blancs et détimbrés, et n'ont repris leur mordant que graduellement.

5. Ces faits sont incompatibles avec la théorie myo-élastique classique selon laquelle la vibration des cordes vocales résulterait d'un conflit entre la pression sous-glottique et l'élasticité des thyro-aryténoïdiens internes contractés, conflit périodiquement rompu par un jet d'air à travers la glotte. Dans cette hypothèse en effet, une cocaïnisation aussi poussée des cordes vocales aurait dû rendre leur vibration impossible au moins dans le grave. Par contre, ces faits sont parfaitement compatibles avec les vues selon lesquelles la fréquence de la vibration laryngée serait fixée par la fréquence des stimulations récurrentielles ([2]), et selon lesquelles les cordes vocales en vibration seraient en état de tétanos physiologique ondulé, état qui ne pouvait être détruit complètement par la cocaïnisation locale réalisée dans les conditions de l'expérience.

PHYSIOLOGIE. — *Mesure des efforts moteurs et des efforts de freinage dans le mouvement volontaire.* Note de MM. **Jean Darroquy**, **Lucien Lauru** et **Louis-Camille Soula**, présentée par M. Léon Binet.

Dans une Communication précédente ([1]) nous avons montré la possibilité d'enregistrer les variations des efforts exercés au sol au cours du mouvement volontaire, au moyen d'une bascule à quartz piézo-électrique, dont les phénomènes sont amplifiés par oscillographe cathodique.

L'étalonnage de l'appareil est tel qu'à un déplacement donné du spot de l'oscillographe correspond une variation de pression exprimable en kilogrammes.

La pression exercée sur la plaque par le sujet immobile correspond à son poids et est retenue comme indice o; chaque mouvement provoque un déplacement du spot de l'oscillographe. Nous avons pris comme mesure de l'effort exercé l'amplitude de déplacement maximum du spot pendant le mouvement

---

([2]) Erick Lindemann, *Proc. Soc. of the Experim. Biol. and Med.*, 27, 1930, p. 480; Pierre Dumont, Thèse Fac. Sc. de Paris, 1933, p. 30.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 71.

à partir de la ligne o. Ces variations de pression sont dues aux accélérations auxquelles sont soumises les diverses masses du corps pendant leur mobilisation.

Nous avons mesuré les efforts exercés au sol au cours du mouvement de redressement du corps sans charge et avec soulèvement d'un poids variant de 1 à 25^{kg}. Un sujet se place sur la plaque de la bascule à quartz piézo-électrique; après flexion ([2]) il exécute le mouvement de redressement, soit sans charge, soit après avoir pris de la main droite un poids qu'il dépose à une hauteur de 80^{cm}.

Entre chaque phase du mouvement on impose au sujet un temps d'arrêt afin de bien séparer les différentes parties de l'enregistrement, flexion, redressement. Le mouvement étudié a été exécuté à la vitesse spontanément adoptée par le sujet. Nous avons laissé librement se manifester sa vitesse propre d'exécution dans chaque série de mesures et de mouvements.

Ces mesures nous ont permis d'observer que les variations dans la valeur des pressions enregistrées pour un mouvement identique avec des charges égales ne peuvent être dues qu'à une augmentation ou une diminution de l'accélération imposée aux masses corporelles par la force qui les met en mouvement.

Or, on sait que l'accélération imposée à un corps par une force est proportionnelle à celle-ci. Donc, les variations de pression enregistrées dépendent de l'accélération du mouvement, elle-même proportionnelle à la force motrice, et nous renseignent sur l'intensité des forces musculaires mises en jeu pour l'exécution du mouvement volontaire étudié ([3]).

Le dépouillement de l'enregistrement graphique de chaque expérience nous amène à considérer une oscillation diphasique dont l'onde positive correspond à la force de contraction des muscles actifs et l'onde négative à la force de réaction des muscles freinateurs.

Nous avons pour chaque mouvement de redressement, d'abord à vide, puis avec des charges croissantes de 1 à 25^{kg}, mesuré la force motrice et la force freinatrice.

Chaque point de la courbe représente la moyenne de dix enregistrements pour le même mouvement; nous avons effectué 12 mesures et après avoir éliminé les deux valeurs extrêmes maxima et minima, nous avons pris la moyenne des dix valeurs restantes.

Pour chaque mouvement, le graphique (*fig.* 1) indique sur la courbe A : la force motrice et sur la courbe B la force freinatrice.

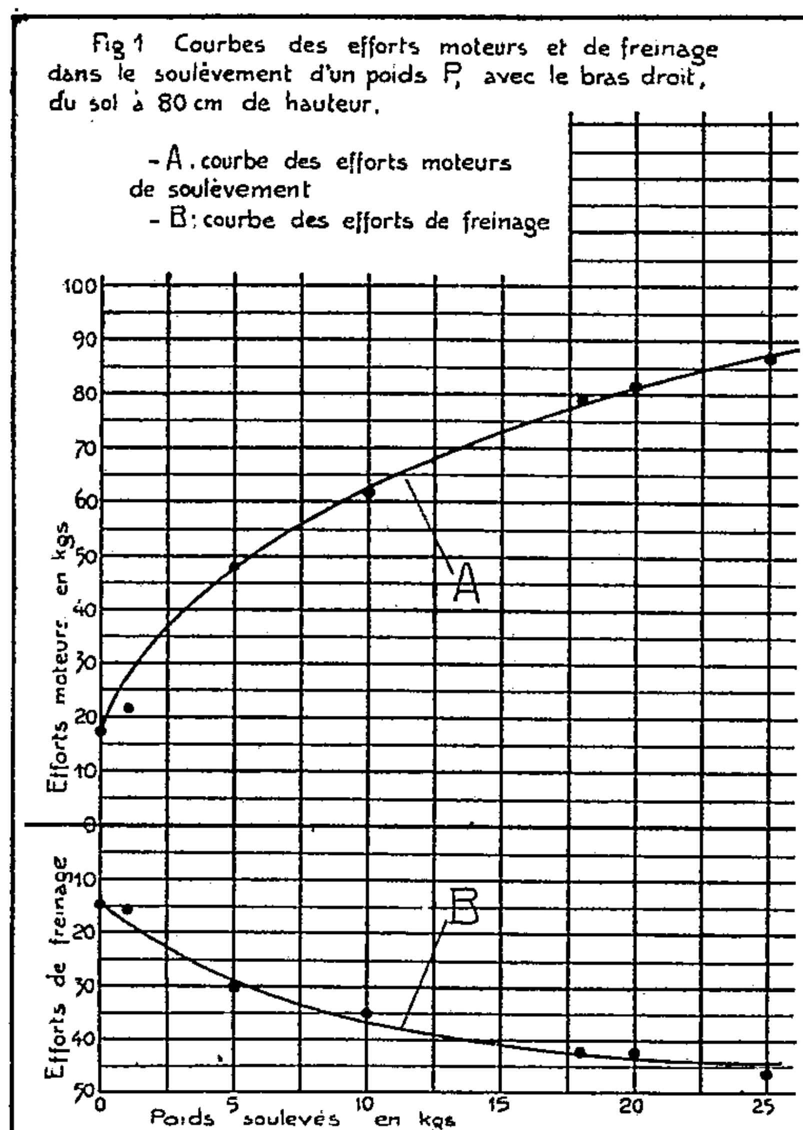
L'étude de ces courbes permet de dégager les points suivants :

1° Lorsque le sujet d'un poids de 83^{kg} exécute après flexion un mouvement de redressement sans charge, on enregistre un effort moteur de $17^{kg},500$ et un

([2]) *Voir* croquis de la Communication ci-dessus rappelée.

([3]) Loi d'accélération qui fera l'objet d'une prochaine communication.

effort de freinage de 15^{kg}. Ces chiffres représentent l'intégration au centre de gravité et transmise au sol des forces nécessaires à la seule mobilisation des masses corporelles au cours du mouvement.



2° Les efforts, tant moteurs que de freinage, augmentent dans le cas de soulèvement d'un poids. Le soulèvement d'un poids de 5^{kg} du sol à 80^{cm} de hauteur, nécessite un effort moteur de 48^{kg} et un effort de freinage de 30^{kg}. Pour un poids de 20^{kg} soulevé dans les mêmes conditions, les efforts montent à 82^{kg} pour les efforts moteurs et à 42^{kg} pour les efforts de freinage.

3° Il n'y a donc pas, d'après l'aspect de ces courbes, de proportionnalité entre l'effort réellement développé et le travail extérieur apparent produit.

GÉNÉTIQUE. — *Une nouvelle tumeur héréditaire chez la Drosophile* (Drosophila melanogaster *Meig.*). Note de M. **Sabbas Ghelelovitch**, présentée par M. Émile Roubaud.

Tumeur héréditaire localisée dans le corps gras de la Drosophile; gène majeur sur le deuxième chromosome, et modificateurs sur le troisième et probablement le quatrième.

On connaît plusieurs tumeurs héréditaires chez la Drosophile. L'aspect morphologique de toutes ces tumeurs, lorsqu'elles approchent du terme de leur

évolution, est le même : elles se présentent sous forme de masses noires, aux contours irréguliers. On peut les distinguer cependant d'après leur localisation, leur structure histologique, les moments de leur apparition au cours du cycle évolutif de l'insecte, et d'après les modalités de leur transmission héréditaire.

Cette dernière est toujours assez complexe et suppose l'intervention de plusieurs gènes appartenant aux différents groupes de liaison.

Le degré de manifestation n'est pas le même pour toutes les tumeurs connues des Drosophiles.

La tumeur qui fait l'objet de cette Note est apparue en 1948 dans un croisement entre ♀ *Bellevue* (souche sauvage capturée dans la nature et mise en élevage quelques mois auparavant) et ♂ $\sigma \leqq g$ (ebony sensibles à CO_2, guéris par la chaleur et entretenus depuis, en pratiquant une stricte consanguinité)(¹).

La tumeur devient perceptible à l'œil nu chez les larves du dernier stade avant la métamorphose, mais parfois elle ne se manifeste que chez les pupes. Chez ces dernières, aussi bien que chez les larves, elle est située presque toujours dans la partie postérieure du corps. Chez l'adulte on la retrouve dans l'abdomen.

Les dimensions des tumeurs sont très variables : la tumeur peut occuper presque la moitié de l'abdomen ou être réduite aux dimensions d'une spermathèque. Un individu est souvent porteur de plusieurs tumeurs.

L'aspect microscopique change avec l'évolution de l'insecte et de la tumeur. Celle-ci débute par un petit amas de cellules qui rappellent par leur colorabilité les cellules des disques imaginaux et s'insinuent entre les cellules du corps gras de la larve. Dans les stades plus avancés, ces cellules dégénèrent. La dégénérescence frappe également les cellules du corps gras qui se trouvaient délimitées par les cellules de la tumeur. La formation d'un pigment noir accompagne cette dégénérescence. C'est à ce moment que la tumeur devient visible sur le vivant. Chez l'imago, elle ne comprend plus de cellules vivantes et représente une masse pigmentée amorphe, de structure plus ou moins lamellaire.

Au moment de son isolement la tumeur présentait un faible degré de manifestation (10 % environ), mais, au cours des générations successives, grâce à la sélection, ce pourcentage a pu être amené, au moins pour certaines lignées, à 100 %.

A partir de la deuxième génération, la sélection n'était plus efficace.

Les rares individus exempts de tumeur, croisés entre eux, ont donné la même proportion de tumeurs dans leur descendance, que les parents porteurs de tumeur.

Le faible degré de manifestation au cours des premières générations après l'isolement et la progression lente de la sélection dénotent déjà l'intervention de plusieurs facteurs génétiques, dans l'apparition de cette malformation.

(¹) Cette souche m'a été procurée par M. Lhéritier.

On ne pouvait pourtant pas exclure *a priori* la possibilité de sa nature infectieuse. Les résultats *négatifs* des essais de transmission par contact ayant encore appuyé la présomption du déterminisme génétique de ce caractère, des expériences, en vue de localiser le gène ou les gènes responsables, ont été entreprises. Elles ont permis de déceler un gène majeur situé dans le bras gauche du deuxième chromosome (sa distance du *vestigial* est de $37,85 \pm 1,35$ et du *Jamed* de $16 \pm 2,1$ unités de crossing over).

Les facteurs modificateurs ont pu être décelés sur le troisième et peut-être aussi sur le quatrième chromosome.

La tumeur se comporte comme un caractère récessif dans les croisements avec la plupart des souches. Cependant, dans certains croisements, jusqu'à 15 % des individus peuvent présenter la tumeur.

En résumé, cette nouvelle tumeur se distingue des tumeurs antérieurement décrites par sa localisation dans le corps gras de l'insecte.

Elle est déterminée par un gène majeur situé sur le deuxième chromosome.

Il existe des modificateurs sur le troisième chromosome et probablement sur le quatrième.

GÉNÉTIQUE. — *Distribution des types de coloration dans quelques populations de* Sphæroma serratum *des côtes de Bretagne*. Note (*) de MM. **Charles Bocquet, Claude Lévi** et **Georges Teissier**, présentée par M. Louis Fage.

Les *Sphæroma serratum* sont répartis au long des côtes de Bretagne en nombreuses populations, complètement séparées les unes des autres. Les fréquences respectives des cinq types de coloration héréditaires précédemment distinguées sont constantes en une même station, très variables d'une station à l'autre et peuvent servir à caractériser individuellement chacune des populations.

Nous avons signalé précédemment ([1]) la possibilité de distinguer, dans les populations de *Sphæroma serratum* (Fabricius) des côtes bretonnes, cinq types principaux de coloration, conditionnés par le jeu de quatre couples d'allèles. Ces Sphéromes, que leurs habitudes cantonnent sous les pierres ou dans les graviers d'une zone littorale très étroite, se rencontrent en d'innombrables stations, répartis en populations complètement séparées les unes des autres, même de leurs plus proches voisines. La récolte d'un échantillon représentatif d'un millier d'individus dans une de ces populations qui, toutes, présentent un polychromatisme accentué, et dont l'effectif est le plus souvent très considérable, est en général aisée, et peut être faite en toutes saisons. L'analyse même de cette prise ne demande que quelques heures et permet, comme on va le voir, d'intéressantes comparaisons entre populations d'origines diverses.

Nous avons vérifié, en premier lieu, que, dans une même station des

---

(*) Séance du 27 février 1950.

([1]) Ch. Bocquet, Cl. Lévi et G. Teissier, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 871.

prélèvements successifs donnaient des résultats concordants, aux erreurs d'échantillonage près : à un an et même parfois à deux ans d'intervalle, nous avons retrouvé, dans quelques localités que nous avons suivies particulièrement, les mêmes types de coloration avec les mêmes fréquences. Nous avons constaté, en second lieu, qu'entre deux populations même assez peu distantes l'une de l'autre, pouvaient exister des différences extrêmement marquées. C'est ce que montrent les deux tableaux ci-joints, qui donnent, pour dix populations, la fréquence des cinq types de coloration principaux (tableau I), et la fréquence de l'allèle dominant dans chacun des quatre couples de gènes intéressés, estimée par application de la loi de Hardy (tableau II).

TABLEAU I.

	albicans (%).	*discretum* (%).	*lunulatum* (%).	*ornatum* (%).	*signatum* (%).
Roscanvel.............	6,2	79,3	5,3	1,2	2,0
Perros-Guirec.........	13,9	66,2	2,0	2,0	15,0
Carantec..............	16,9	70,4	5,6	2,3	2,3
Pempoull..............	20,6	59,9	1,9	3,1	13,3
Primel...........	22,4	64,1	8,8	4,2	0
Trébeurden............	23,0	59,9	8,1	9,0	0,1
Batz..................	23,6	54,4	3,5	17,1	1,2
Concarneau............	33,3	35,9	16,0	7,2	6,6
Morgat................	50,9	47,5	1,5	0,1	0
Portsall..............	53,1	32,7	4,0	3,4	8,0

TABLEAU II.

	D (%).	*L* (%).	*O* (%).	*S* (%).
Roscanvel.....	73,1 ∓ 1,6	3,0 ∓ 0,4	0,6 ∓ 0,2	1,1 ∓ 0,2
Perros-Guirec.	58,3 ∓ 0,9	1,2 ∓ 0,2	1,2 ∓ 0,1	7,9 ∓ 0,3
Carantec......	56,0 ∓ 1,6	3,1 ∓ 0,4	1,2 ∓ 0,3	1,2 ∓ 0,3
Pempoull.....	49,4 ∓ 0,7	1,2 ∓ 0,1	1,8 ∓ 0,2	7,0 ∓ 0,3
Primel.......	49,1 ∓ 1,0	4,7 ∓ 0,3	2,2 ∓ 0,2	0
Trébeurden...	47,4 ∓ 1,4	4,5 ∓ 0,5	4,6 ∓ 0,4	(0,04)
Batz.........	45,0 ∓ 1,8	2,2 ∓ 0,4	9,1 ∓ 0,8	0,6 ∓ 0,2
Concarneau...	31,6 ∓ 1,2	9,9 ∓ 0,6	4,0 ∓ 0,4	3,4 ∓ 0,3
Morgat.......	28,0 ∓ 0,8	0,7 ∓ 0,1	(0,08)	0
Portsall......	21,3 ∓ 1,3	2,2 ∓ 0,4	4,9 ∓ 0,6	0,8 ∓ 0,2

Dans l'ensemble des populations étudiées, les mutants *albicans* et *discretum* prédominent de beaucoup sur les autres et représentent en général à eux deux de 80 à 90 % de la population, quelquefois plus comme à Morgat, rarement

moins comme à Concarneau; les *discretum* sont plus nombreux que les *albicans*, à Portsall excepté, mais leur rapport est très variable, la fréquence du gène *D* variant corrélativement de 0,73 à 0,21. Le mutant *lunulatum* est toujours présent; sa fréquence, qui est en général de l'ordre de quelques centièmes, tombe à 1,5 % à Morgat et atteint 16 % à Concarneau, qui est à cet égard tout à fait exceptionnel. Le mutant *ornatum*, toujours présent également, le plus souvent moins fréquent que *lunulatum*, est très rare à Morgat, où l'on n'en trouve guère plus de 0,1 %, et commun en une station de l'île de Batz où l'on en compte 17 %. Le mutant *signatum* enfin, peut manquer complètement, comme à Primel ou à Morgat; il est presque toujours plus rare que les quatre autres mutants, sauf à Perros-Guirec, où sa fréquence surpasse même celle des *albicans*, et à Pempoull où elle dépasse encore 13 %. Les types de colorations non étudiés ici, et particulièrement ceux où prédominent la teinte rouge, représentent en général moins de 1 % de la population totale; à Roscanvel cependant ils en constituent près de 6 %.

On voit, au total, que les populations de *Sphæroma serratum* des côtes bretonnes peuvent être caractérisées individuellement par les fréquences respectives des mutants ou des gènes de coloration qu'elles renferment. Il est difficile de croire que des variations d'une telle amplitude puissent être entièrement fortuites, mais nous avouons qu'au point où en sont arrivées nos recherches, il nous semblerait bien imprudent de vouloir interpréter les faits observés.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action du benzoate d'œstradiol dans la différenciation du sexe chez* Discoglossus pictus *Otth*. Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'action de l'œstradiol, chez *D. pictus*, est du type féminisant pur, parfois faible chez les mâles génétiques, ce qui tend à montrer une assez forte stabilité de la détermination génétique du sexe chez cette espèce.

La différence de la réponse de *D. pictus* à l'œstradiol, si on la compare à celle que présentent *Rana temporaria* et *Rana esculenta*, atteste le rôle important que joue, dans un même groupe zoologique, la nature de l'espèce dans la réaction à l'hormone femelle.

Il a été démontré, chez *Rana temporaria* (1) (Gallien, 1940-1941) et *Rana esculenta* (2) (Padoa, 1942), que l'œstradiol manifestait une propriété amphisexuelle au cours de la différenciation du sexe : la même hormone peut être masculinisante ou féminisante. En faisant varier les concentrations de l'hormone en solution hydroalcoolique, Padoa (1942) constata, chez une race différenciée de *Rana esculenta*, qu'aux doses inférieures à 60 γ/l, on obtenait 100 %

(1) L. Gallien, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 570; *Ibid.*, 212, 1941, p. 870, et *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 75, 1941, p. 369.

(2) Em. Padoa, *Monit. Zool. Ital.*, 53, 1942, p. 210.

de femelles, aux doses de 250-1000 γ/l, 100 % des animaux développaient des testicules, aux doses de 120 γ/l on obtenait des intersexués.

En vue d'analyser cet *effet paradoxal* et le rôle des facteurs qui interviennent dans ce processus, nous avons repris une série d'études chez un autre Anoure, *Discoglossus pictus* Otth., en faisant varier les doses et le solvant (hydro-alcoolique ou huileux).

PROTOCOLES EXPÉRIMENTAUX. — *Première ponte.* — 23 mars 1949. *Origine* des Discoglosses (Tunis).

Température de l'élevage 18°-20°. *Début* du traitement : 29 mars (achèvement de la formation de la cavité branchiale). Séries définies D_1-D_2-D_3-D et T_1.

Deuxième ponte : 3 mai 1949. — Mêmes conditions d'élevage. Séries D_4 — D et T_2. Cette seconde ponte était destinée à compléter l'expérience. Dans toutes les expériences, la nature du sexe a été étudiée à l'achèvement de la métamorphose.

SÉRIES DÉFINIES. — *Solutions hydroalcooliques :*

D_1 — dose	50γ/1l.	Nombre initial	de tétards	30	tétards étudiés	26
D_2 »	125	»	»	30	»	30
D_3 »	500	»	»	30	»	27
D_4 »	2000	»	»	30	»	29

Solutions huileuses. — D et DD— 65 tétards ont reçu une série d'injections sous-cutanées, dans la région buccale, de benzoate d'œstradiol dosé à $5^{mg}/1^{cm^3}$, 61 tétards parvenus à la métamorphose ont été étudiés. Le volume moyen d'hormone injectée à chaque têtard au cours du traitement est de $0^{mg},070$ soit 70γ.

Témoins :

T_1 : 50 tétards, métamorphose du 5 mai au 25 mai. *Sex ratio :* 26 ♀♀ : 24 ♂♂

T_2 : 60 tétards, métamorphose du 10 juin au 30 juin. *Sex ratio :* 32 ♀♀ : 28 ♂♂

Au total 58 ♀♀ : 52 ♂♂. Il s'agit donc d'une race différenciée.

La durée de la vie larvaire des lots en expérience a été sensiblement de même durée que pour les témoins.

Résultats. — L'étude détaillée et l'analyse histologique des résultats sera donnée par ailleurs. Nous nous bornerons ici à leur énoncé d'ensemble.

1° Dans chaque série, nous avons observé des ovaires typiques et des gonades dont l'aspect macroscopique était atypique. Les glandes n'étaient pas lobées comme des ovaires normaux, mais, tout en présentant un aspect fusiforme, étaient plus longues que des testicules. L'étude histologique démontra qu'il s'agissait d'intersexués allant du type femelle à peu près pur au type mâle plus ou moins altéré.

Au total, pour les séries traitées par les solutions hydro-alcooliques, il y avait 56 ♀♀ et 46 animaux plus ou moins féminisés. Pour les séries traitées par les solutions huileuses, nous avons compté 35 ♀♀ et 25 animaux féminisés. Pour l'ensemble des séries nous trouvons 101 femelles pures et 71 animaux transformés.

La comparaison avec les lots témoins indique que les femelles génétiques n'ont, pour aucune série, été transformées et que les mâles génétiques furent plus ou moins inversés dans le sens femelle. Les plus transformés sont comptés parmi les femelles pures, les moins modifiés ont un aspect mâle, la plupart présentent des degrés variés d'intersexualité.

2° Le benzoate d'œstradiol administré à la larve de *D. pictus* ne manifeste pas d'action amphisexuelle et par conséquent pas d'effet paradoxal. L'hormone est purement féminisante. La variation étendue des doses ne modifie pas sensiblement le résultat qualitatif.

3° Il n'a pas été observé d'action sur le canal de Wolff, ni sur le territoire de la main correspondant à la callosité.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 MARS 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les champs mésoniques liés à l'électron dans la nouvelle théorie du champ soustractif.* Note de MM. **Louis de Broglie** et **René Reulos.**

Dans la théorie du champ soustractif due à l'un des auteurs, si l'on admet que l'électron est en interaction avec deux champs mésoniques, on peut faire apparaître à l'aide d'hypothèses simples une masse mésonique voisine de celle du méson π.

Dans la théorie du champ soustractif développée par l'un des auteurs ([1]), on est amené, si l'on admet que l'électron est en interaction avec un seul champ mésonique, à écrire pour le potentiel créé par l'électron l'expression

$$\text{(1)} \qquad \mathrm{V}(r) = e\,\frac{e^{-\gamma r} - e^{-\lambda r}}{r} \simeq e\,\frac{1 - e^{-\lambda r}}{r},$$

où e est la charge de l'électron, γ la constante de masse du photon que l'on peut prendre nulle et λ la constante de masse $(2\pi/h)m_\lambda c$ des mésons de masse propre m_λ. On trouve alors ([2]), en adoptant la forme la plus simple pour l'expression de la masse propre m_0 de l'électron, la valeur

$$\text{(2)} \qquad m_\lambda = 4 \times 137\, m_0 = 548\, m_0.$$

Mais, on peut écrire plus généralement au lieu de (1)

$$\text{(3)} \qquad \mathrm{V}(r) = \frac{e e^{-\gamma r} + \varepsilon_1 e^{-\lambda_1 r} + \ldots + \varepsilon_n e^{-\lambda_n r}}{r}$$

avec la seule condition $\sum_{1}^{u} \varepsilon_i = -e$.

Examinons le cas où $n = 2$. La formule générale ([3]) donnant l'énergie propre

---

([1]) Voir l'exposé général dans *Portugaliæ Mathematica*, 8, 1949, p. 37.

([2]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 640.

([3]) *Portugaliæ Mathematica*, formule 68.

de l'électron nous fournit (parce que $\gamma \simeq 0$)

$$(4) \qquad \lambda_1 \varepsilon_1^2 + 2\varepsilon_1\varepsilon_2 \frac{\lambda_1^2+\lambda_2^2}{\lambda_1+\lambda_2} + \lambda_2\varepsilon_2^2 + 2\lambda_1 e\varepsilon_1 + 2\lambda_2 e\varepsilon_2 + 4m_0c^2 = 0.$$

avec $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = -e$.

On peut trouver une infinité de valeurs pour λ_1 suivant les valeurs que l'on admet pour ε_1 et λ_2. Nous chercherons les solutions qui correspondent à des valeurs des *charges mésoniques* ε_1 et ε_2 qui soient des multiples entiers de la charge élémentaire e. Nous poserons donc $\varepsilon_1 = me$ et $\varepsilon_2 = -(m+1)e$ avec m entier. En introduisant les notations $\lambda_2/\lambda_1 = x$ et $m_0c^2/e^2 = a$, nous donnons à l'équation (4) la forme

$$(5) \qquad m^2 - (2m^2+2m+1)x + (m+1)^2x^2 - \frac{4a}{\lambda_2}x(1+x) = 0.$$

L'avantage d'introduire la notation a est que si $\lambda = na$, la masse propre mésonique correspondante est $m_\lambda = n\,137m_0$.

Si l'on suppose de plus que la masse mésonique m_{λ_2} est égale à $548m_0$, l'équation (5) se réduira à

$$(6) \qquad m^2(1-x)^2 - 2mx(1-x) = 0.$$

Nous devons supposer $x \neq 1$ et la solution $m = 0$ ne nous intéresse pas, car elle correspond au potentiel (1). Il nous reste alors

$$m = \frac{2x}{1-x}.$$

Pour $x = 2$, $m = -4$, ce qui donne $m_{\lambda_1} = 274m_0$ avec le potentiel

$$(8) \qquad V(r) = e\frac{1 - 4e^{-\lambda_1 r} + 3e^{-\lambda_2 r}}{r} = e\frac{1-e^{-\lambda_1 r}}{r} - 3e\frac{e^{-\lambda_1 r} - e^{-\lambda_2 r}}{r}.$$

On voit donc apparaître la masse mésonique $274m_0$ sensiblement égale à celle que l'on attribue actuellement au méson π.

Ainsi, en admettant l'existence de deux champs mésoniques liés à l'électron et en admettant de plus que les charges mésoniques sont des multiples entiers de la charge électronique, nous avons fait apparaître une masse mésonique voisine de celle du méson π. Ce résultat est curieux, mais il ne faut cependant pas se faire trop d'illusions sur sa portée, car il est obtenu en faisant une hypothèse assez arbitraire sur les charges mésoniques et en posant $m_{\lambda_2} = 548m_0$, ce qu'ici rien n'oblige à faire.

Notons que pour $x = 4/3$, on trouverait $m = -8$ et λ_1 correspondrait à la masse mésonique $3 \times 137m_0 = 411\,m_0$. Pour $x = p/q < 1$, p et q étant des entiers petits, on trouve d'autres solutions possibles faisant apparaître des masses mésoniques de la forme $n\,137m_0$ avec $n > 4$.

ASTROPHYSIQUE. — *Albedos des planètes Mercure et Vénus; valeurs corrigées.* Note de M. **André Danjon.**

La présente Note a pour objet une correction à apporter aux valeurs des albedos des planètes inférieures publiées en 1948 (¹) (les autres données photométriques ne subissant aucune modification). Elles avaient été obtenues en attribuant à la magnitude visuelle du Soleil la valeur conventionnelle couramment adoptée : — 26,72 (H. N. Russell). Mais il est possible, aujourd'hui, de rattacher le Soleil et les deux planètes à une échelle plus homogène de magnitudes visuelles. En effet, Woolley et Gascoigne (²) ont déterminé avec soin la différence des magnitudes photovisuelles de Sirius et du Soleil, qu'ils trouvent égale à 25,55. Or, j'ai observé Sirius dans les mêmes conditions que Mercure et Vénus, et je lui trouve la magnitude — 1,31; dans la même échelle, la magnitude visuelle du Soleil doit donc être portée à la valeur — 26,86.

En conséquence, il y a lieu d'augmenter de 0,14 l'écart entre les magnitudes du Soleil et des planètes, pour le calcul de l'albedo, ce qui se fait en multipliant les valeurs publiées par le facteur 0,879. On trouve ainsi :

Albedo intégral visuel	Mercure.......	0,055
	Vénus.........	0,64

Il est remarquable que l'albedo de Mercure soit seulement les 3/4 de celui de la Lune; on ne peut attribuer aux régions *les plus claires* de cette planète qu'un albedo au plus égal à celui des *mers* lunaires.

CHALEUR. — *Lois d'échauffement et de refroidissement d'un four alimenté à flux calorifique constant.* Note (*) de M. **Gustave Ribaud.**

Dans l'étude de l'échauffement et du refroidissement d'un four alimenté à flux calorifique constant on se borne à une théorie élémentaire, qui ne tient pas compte des lois de transmission de la chaleur à travers la paroi du four et qui, de ce fait, ne peut, ni fournir la loi correcte d'échauffement, ni donner les valeurs de certaines grandeurs physiques intervenant dans cette loi. Nous allons rappeler l'essentiel de cette théorie

Théorie élémentaire. — Soient Φ le flux calorifique dissipé, par unité de temps et par unité de surface de la paroi (interne) du four et θ la température inté-

(¹) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 652; *Bulletin Astronomique*, XIV, 4, 1949, p. 315.
(²) *Monthly Notices of the R. A. S.*, **108**, 1948, p. 491 (fascicule paru en avril 1949).

(*) Séance du 6 mars 1950.

rieure du four; *en régime permanent* la température de régime θ_r peut être supposée proportionnelle à Φ et donnée par la relation

$$\Phi = b\,\theta_r. \tag{1}$$

On peut en outre considérer la *masse calorifique fictive* du four m' définie de la façon suivante : quand la température intérieure du four s'élève de $d\theta$, la quantité de chaleur emmagasinée dans la paroi s'accroît de $m'\,d\theta$.

Si au surplus on admet qu'à tout instant les pertes calorifiques subies par la paroi extérieure du four sont proportionnelles à θ *et qu'on peut les écrire sous la forme* $b\theta\,dt$, l'équation du régime variable dans le four s'écrit

$$\Phi\,dt = m'\,d\theta + b\,\theta\,dt, \tag{2}$$

équation qui s'intègre immédiatement et fournit

$$\frac{\theta_r - \theta}{\theta_r} = e^{-\frac{b}{m'}t} = e^{-\frac{t}{\tau}}. \tag{2 bis}$$

La loi d'échauffement ainsi obtenue est exponentielle et la *constante de temps d'échauffement* (ou de refroidissement) du four a pour valeur $\tau' = m'/b$.

Si, dans le four, on ajoute une charge de masse calorifique M et si toute la charge prend instantanément la température du four, l'équation (2) devient

$$\Phi\,dt = (\mathrm{M} + m')\,d\theta + b\,\theta\,dt.$$

Cette équation montre que la nouvelle masse calorifique fictive du four a pour valeur $\mathrm{M} + m'$.

Les raisonnements précédents sont évidemment incomplets; d'une part ils ne fournissent pas la valeur de m'; d'autre part les pertes calorifiques extérieures ne sont pas proportionnelles à θ; nous verrons même que, pendant la première phase de l'échauffement, la déperdition extérieure est nulle; aussi nous a-t-il paru intéressant de pousser plus avant l'analyse physique du phénomène.

La paroi du four est supposée faite d'un matériau *homogène* dont nous désignerons la conductibilité calorifique par λ, la chaleur spécifique massique par c et la masse spécifique par ρ (diffusivité thermique : $a = \lambda/c\rho$; $m = c\rho e$).

Échauffement du four vide, phase initiale. — Lorsqu'on établit brusquement un flux calorifique constant dans le four, le four se comporte d'abord comme un mur d'épaisseur infinie[1]. La pénétration de la température θ s'effectue, en un point d'abscisse x, et au temps t, suivant la loi

$$\theta = \frac{\Phi}{\lambda\sqrt{\pi}}\sqrt{4at}\,f\left(\frac{x}{\sqrt{4at}}\right).$$

---

(1) G. Ribaud, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 204.

Les courbes de température dans l'épaisseur du mur sont homothétiques par rapport à l'origine (*fig.* 1); le rapport d'homothétie est proportionnel à $\sqrt{t}$ (²).

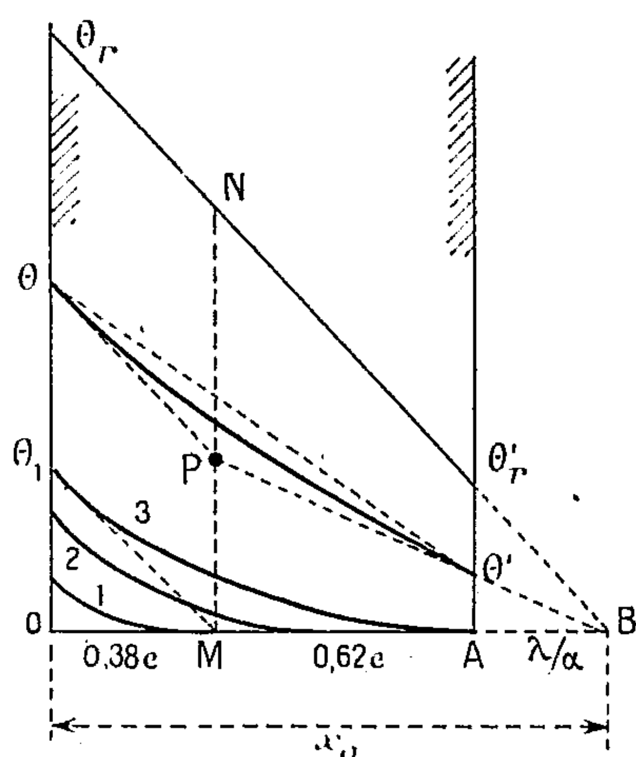


Fig. 1.

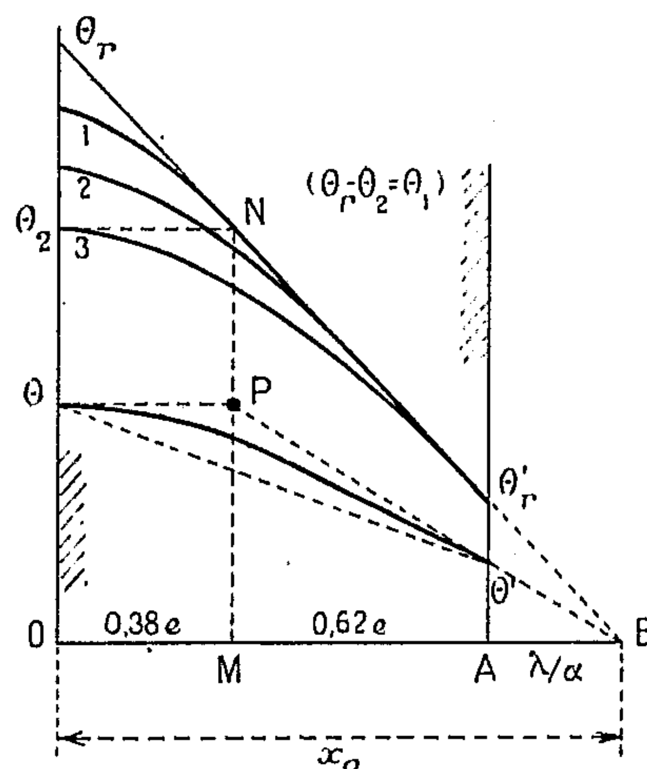


Fig. 2.

La température θ_0 prise par la face intérieure du four est donnée par la formule

(3)
$$\theta_0 = \frac{2\Phi}{\sqrt{\pi\lambda c\rho}}\sqrt{t},$$

elle croît proportionnellement à $\sqrt{t}$ (³).

Bien entendu cette loi n'est valable que jusqu'au moment où le front de température atteint la paroi extérieure du four (*fig.* 1, courbe 3); nous admettrons qu'il en est ainsi lorsque la température, à la distance $x = e$ de la face d'entrée, est égale à $\theta_0/100$, c'est-à-dire au bout du temps τ tel que

(4)
$$Z = \frac{e}{\sqrt{4a\tau}} = 1,5 \quad \text{ou} \quad \boxed{\tau = \frac{e^2}{9a}.}$$

A la fin de cette première phase d'échauffement, θ prend la valeur

(5)
$$\theta_1 = \frac{2\Phi e}{3\lambda\sqrt{\pi}}.$$

Seconde phase. — En régime permanent les températures θ_r et θ'_r atteintes

---

(²) Les courbes 1 et 2 sont respectivement atteintes au bout des temps 1 et 4.

(³) Ce qui précède s'applique également au chauffage d'un immeuble à débit calorifique constant. Le Centre scientifique et technique du bâtiment (*Cahier*, n° 6, 1948, p. X) a publié les courbes d'échauffement de trois maisons expérimentales; les valeurs de θ^2 en fonction du temps se placent sur une droite pendant des durées qui dépassent 10 heures.

par les faces intérieure et extérieure du four s'écrivent

(6) $$\theta_r = \frac{\Phi e}{\lambda}\left(1 + \frac{\lambda}{\alpha e}\right), \qquad \theta'_r = \frac{\Phi}{\alpha}.$$

En régime variable on remarquera que la tangente en un point θ est égale à Φ/λ; la tangente au point θ' passe par le point B (*fig.* 1); on peut en outre admettre que les tangentes en θ et θ' se coupent sur la droite MN passant par le point M d'intersection de la tangente en θ, à la courbe limite 3. Cette dernière remarque permet de donner la relation entre θ et θ'

(7) $$\frac{\theta - \theta_1}{\theta'} = \frac{d\theta}{d\theta'} = \frac{\theta_r - \theta_1}{\theta'_r} = 1 + 0,62\,\frac{\alpha e}{\lambda}.$$

Pour évaluer la quantité de chaleur absorbée par le mur pour un échauffement $d\theta$, on peut, soit admettre que la courbe d'échauffement est la droite passant par θ et θ', soit admettre qu'elle est représentée par l'ensemble des deux droites θP et Pθ'; la première hypothèse conduit à la relation

$$\alpha(\theta_r - \theta)\,dt = m\left(1 + 0,31\,\frac{\alpha e}{\lambda}\right)d\theta,$$

la seconde conduit à remplacer le coefficient 0,31 par 0,43; en adoptant la valeur moyenne 0,37 on a

(8) $$\frac{\theta_r - \theta}{\theta_r - \theta_1} = e^{-\frac{t}{\tau'}}, \qquad \text{avec} \quad \tau' = \frac{m}{\alpha}\left(1 + 0,37\,\frac{\alpha e}{\lambda}\right).$$

La masse calorifique fictive du four s'écrit

$$m' = m\,\frac{1 + 0,37\,\frac{\alpha e}{\lambda}}{1 + \frac{\alpha e}{\lambda}}.$$

Refroidissement du four vide. — Si l'on suppose le régime permanent établi et si l'on supprime brusquement le flux Φ, pendant une première phase la température θ varie (*fig.* 2) suivant la loi

(9) $$\theta = \frac{\theta_r}{x_0}(x_0 - x) - \frac{\Phi}{\lambda f'(0)}\sqrt{4at}\,f\left(\frac{x}{\sqrt{4at}}\right).$$

Ici encore la loi de décroissance de la température est une loi en $\sqrt{t}$. La durée τ reste donnée par la relation (4); pendant la seconde phase, le calcul conduit comme plus haut, fournit la même constante de temps τ'.

Échauffement et refroidissement du four avec charge intérieure. — Nous supposerons la charge faite d'un corps métallique, de diffusivité élevée et nous admettrons qu'à tout instant cette charge est à température uniforme. Si M désigne la masse calorifique de la charge, rapportée à l'unité de surface intérieure du four, la courbe d'échauffement débute avec une tangente à l'origine

égale à Φ/M et, si l'on tient compte de la loi de pénétration de la chaleur dans la paroi, pendant la première phase d'échauffement, de durée τ, la tangente prend la valeur moyenne $\Phi/(M+0,30m)$.

Pour étudier la seconde phase on peut admettre que θ et θ' varient toutes deux suivant une loi exponentielle de constante de temps τ''. Un calcul simple, conduit comme plus haut, fournit pour τ'' la valeur

$$(10)\qquad \tau''=\frac{M}{\alpha}\left[1+\frac{\alpha e}{\lambda}\left(1-\frac{0,1}{\frac{M}{m}+0,30}\right)\right]+\frac{m}{\alpha}\left[1+\frac{\alpha e}{2\lambda}\left(1+\frac{0,1}{\frac{M}{m}+0,30}\right)\right].$$

MICROBIOLOGIE AGRICOLE. — *Observations biochimiques sur le développement du Bacterium Radicicola* (Rhizobium leguminosarum). Note de M. **Albert Demolon**, Mlles **Rosa Rozowska** et **Gisèle Jacobelli.**

Le développement du *Bact. Radic.* nécessite l'intervention de substances fonctionnelles de croissance, notamment de la biotine. Ces substances apportées par la levure peuvent l'être par d'autres germes donnant lieu à l'excrétion de gommes tels que le Bacillus Megatherium et l'Azotobacter Chroococcum. Il y a autovaccination du milieu où a été cultivé le *Bact. Radic.*

Milieu nutritif et développement du Bacterium Radicicola. — Le *Bact. Radic.* ne se développe pas en milieu purement minéral additionné d'un glucide (A_1) (¹) si l'on pratique une culture monogerme ou même si l'on ensemence la gélose par apport d'une goutte d'une émulsion du germe. Le développement est meilleur si la masse d'ensemencement est assez considérable, par exemple si l'on prélève une anse d'une culture riche pour effectuer l'ensemencement en stries sur gélose. De nombreuses substances, notamment des extraits végétaux, ont permis d'améliorer les milieux de culture synthétiques. A cet égard les travaux de West et Wilson (²) ont récemment précisé la nature vitaminique de l'action stimulante à laquelle doit être rattachée leur efficacité. Nous résumerons ici nos propres observations sur la question.

C'est l'autolysat de levure pressée de boulangerie qui dans nos expériences s'est montré le plus favorable à l'obtention de cultures riches et à leur maintien au cours de repiquages successifs. La levure agit non seulement comme source d'azote mais encore par ses vitamines du groupe B et notamment par la biotine. Celle-ci, introduite directement à la concentration de $2^{\gamma},5$ par litre dans notre milieu de culture A_1 peu favorable à la multiplication, a assuré un développement satisfaisant du *Bact. Radic.* quelle que soit l'espèce utilisée.

(¹) Par litre : $A = PO_4HK_2$ 1^g, PO_4H_2K $0^g,5$, SO_4K_2 $0^g,250$, $CaCl_2$ $0^g,100$, SO_4Mg $0^g,500$, NaCl $0^g,100$; Fe, Mn, Mo, Bo : traces; pH 7,0 à 7,2. $A_1 = A + 10^g$ glucose. $A_2 = A_1 + 0^g,500\ NO_3K$. $A_3 = A_1 + 10^g$ levure pressée.

(²) *Journ. Bact.*, **37**, 1939, p. 161-185; *Enzymologia*, **8**, 1940, p. 152-162.

Nous avons d'autre part opéré sur le suc obtenu par broyage de très jeunes plantules de trèfle, filtré et gélosé. Ce milieu n'a permis qu'un léger développement du *Bact. Radic. Trifolii* sous forme de petits bacilles mobiles qui n'ont pas présenté le cycle évolutif habituel. Il en a été de même pour le suc frais filtré sur bougie. Par repiquage sur milieu A_2 le germe a repris ses caractères de culture normaux. L'addition simultanée au milieu minéral A de glucose et du suc filtré a amélioré le développement, mais celui-ci n'a été satisfaisant qu'en présence de suc provenant de la plante verte adulte.

Il semble donc que la prolifération du germe dans la plante soit étroitement liée à la croissance de la plante elle-même. Celle-ci fournit au *Bact. Radic.*, à côté des glucides et autres éléments nutritifs, des substances hormonales dont la formation nécessite l'intervention de la photosynthèse et qui peuvent expliquer la spécificité des espèces de *Bact. Radic.* par rapport à la plante.

Rôle de certains germes associés. — Au cours d'isolement du *Bact. Radic.* à partir des nodosités nous avons constaté que dans le cas d'infection par le *Bacillus Megatherium*, germe très fréquent dans la rhizosphère, l'obtention de cultures pures s'avère difficile même après une série de passages par colonies. D'autre part, le développement du *Bact. Radic.* se trouve alors favorisé, les cultures obtenues présentant en outre une conservation plus prolongée. Nous avons ainsi été amenés à étudier cette association microbienne et quelques autres.

En l'absence d'extrait de levure, le milieu A_1 se montre peu favorable au *Bact. Radic.* même si l'on y introduit une source d'azote minéral (A_2). Mais si l'on effectue l'ensemencement avec une émulsion mixte des deux germes cultivés séparément, on obtient des cultures d'apparence homogène dans lesquelles les deux germes prolifèrent également, le *Bac. Megath.* se développant toutefois le premier. La coloration au violet gentiane montre la présence de nombreux amas de *Bact. Radic.* dans les zones légèrement teintées formées par les produits muqueux de sécrétion du *Bac. Megath.* (*fig.* 1).

La culture mixte sur milieu gélosé avec azote A_3 se montre également plus riche en *Bact. Radic.* après quarante-huit heures que le tube témoin ensemencé avec une culture pure de *Bact. Radic.* Une émulsion de cette culture mixte repiquée de nouveau dans les mêmes conditions sur milieu sans azote a donné lieu à un développement plus satisfaisant que celui obtenu par ensemencement des deux germes ayant poussé séparément.

On constate la même action favorable en effectuant sur milieu A_2 en boîte de Pétri une série d'ensemencements en stries croisées de chacun des deux germes. Au voisinage immédiat du *Bac. Megath.*, le *Bact. Radic.* se développe plus abondamment,

Enfin, le *Bact. Radic.* se développe sur le milieu sans azote ayant porté une culture de *Bac. Megath.* après récolte de celle-ci et stérilisation.

Lorsqu'on introduit dans le milieu A_1 une émulsion dense de *Bac. Megath.*

préalablement autoclavée, l'action sur le développement est moins marquée que si l'on utilise la même émulsion après autolyse à froid et filtration sur bougie. Dans l'action favorisante observée il faut faire intervenir non

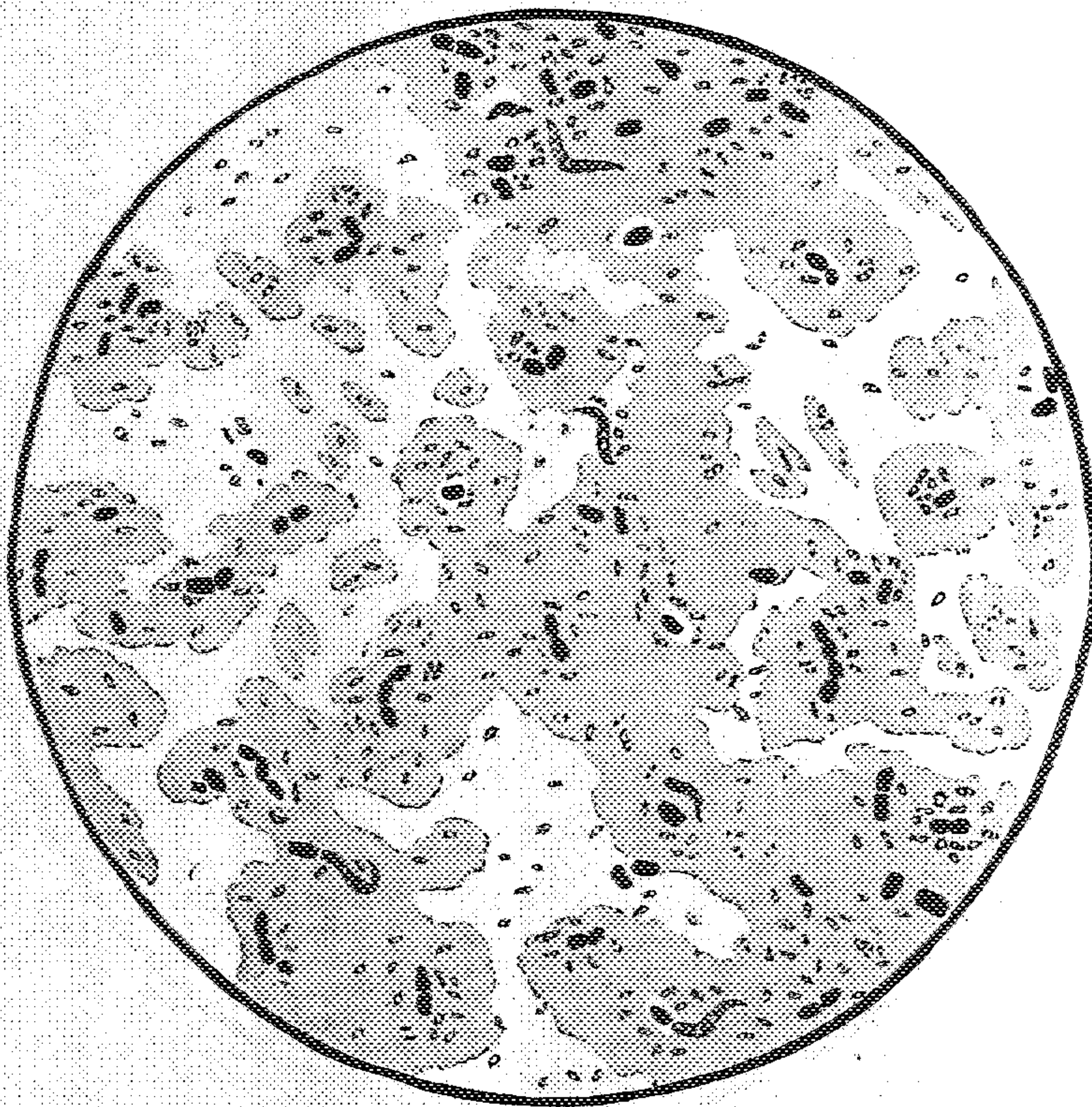


Fig. 1. — Culture mixte sur gélose de *Bac. Megath.* + *Bac. Radic.* (48 heures.)

seulement les polysaccharides et les composés azotés, mais aussi les substances stimulantes qui les accompagnent dans l'excrétion gommeuse. Les phénomènes sont comparables à ceux observés pour l'extrait de levure; l'action est maxima dans l'association des germes vivants.

Les mêmes observations ont été effectuées avec l'Azotobacter Chroococcum. Dans les milieux pauvres sans azote, permettant le développement de l'Azotobacter mais non celui du *Bact. Radic.*, on a constaté dans le cas d'ensemencement mixte que le *Bact. Radic.* se multiplie dans la gaine hyaline entourant l'Azotobacter (*fig.* 2). On l'y observe en amas inclus dans les sécrétions muqueuses. De telles associations permettent au *Bact. Radic.* de se maintenir dans le milieu peu favorable que constitue pour lui le sol.

Autovaccination du milieu. — Sur un tube de milieu gelosé A_3 incliné portant une culture de *Bact. Radic.*, on récolte les germes, on stérilise à 100° et l'on procède à un nouvel ensemencement. On n'observe aucun développement non

seulement du germe initial mais encore des *Bact. Radic.* appartenant à d'autres groupes. Si l'on ensemence un tube auquel on a incorporé les germes récoltés, le développement n'est pas entravé. L'inhibition ne peut être attribuée à un

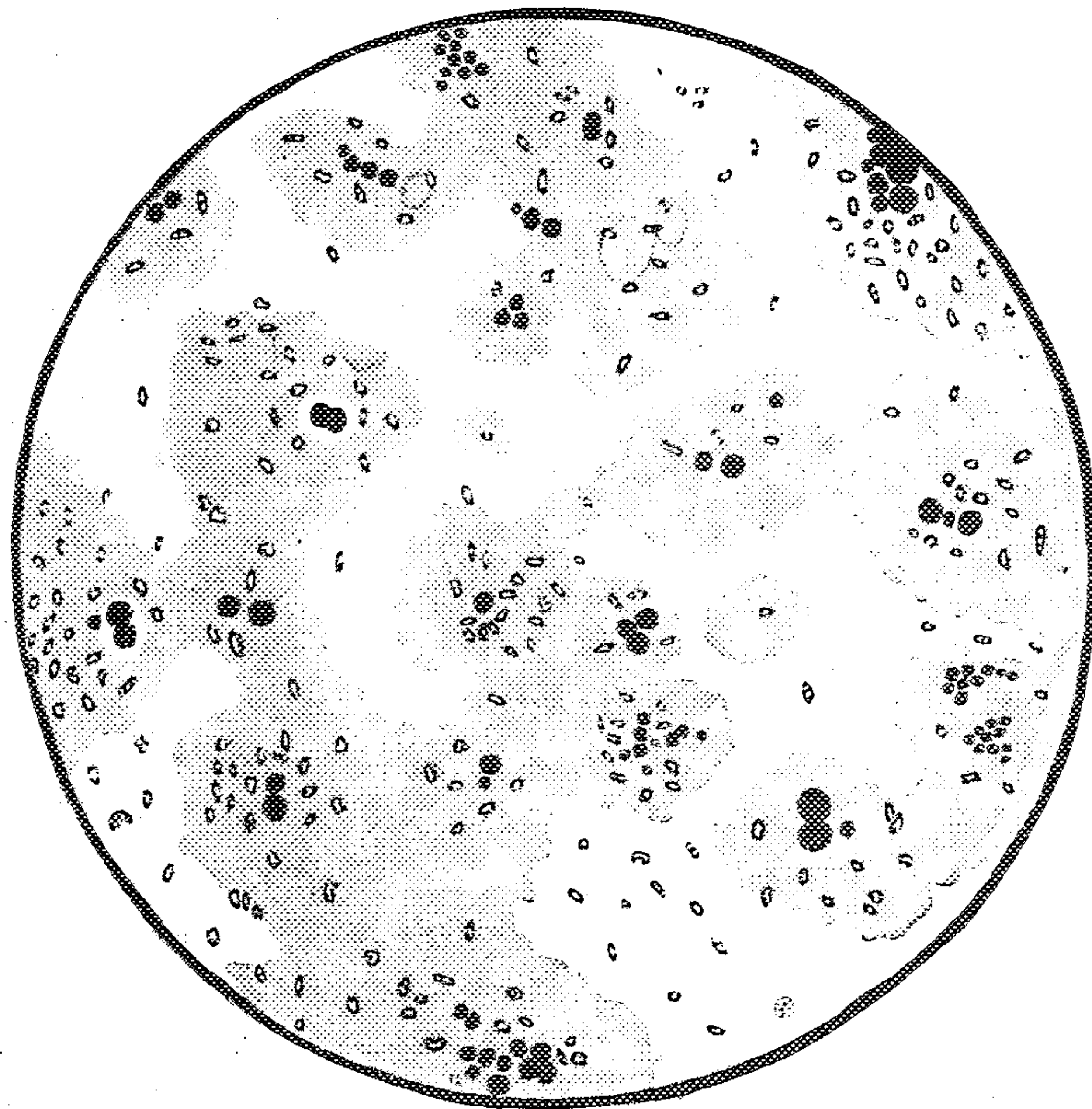


Fig. 2. — Culture mixte sur gélose sans azote de Azotobacter Chrooc. + *Bac. Radic.* (6 jours.)

épuisement nutritif, car si on dilue le milieu autovacciné à des taux croissants avec un milieu neuf impropre à la multiplication du germe, on observe que pour une dilution suffisante (a. a.) on a de nouveau une culture normale.

Le phénomène est spécifique pour le genre Rhizobium, car cette vaccination ne s'oppose pas au développement des autres germes du sol. Il paraît imputable à une substance bactériostatique thermostable qui diffuse dans le milieu et dont la présence se manifeste même dans les cultures jeunes. L'action de ces substances exerce sur la morphologie une influence qui se traduit par la présence de formes d'involution et de coalescence; il est permis d'y voir un stade précédant les formes bactéroïdiennes proprement dites des nodosités.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Nouvelles remarques sur l'interprétation hydrodynamique de la périodicité des taches solaires.* Note de **M. Dimitri Riabouchinsky.**

Développement de la théorie de la périodicité des taches solaires, basée sur l'instabilité, due à une répartition non uniforme de la température, d'une masse fluide animée d'un mouvement giratoire. Discussion de la contribution à cette théorie faite par C. Woronetz.

1. Dans mon travail *sur les phénomènes hydrodynamiques intermittents* (¹), j'ai proposé une interprétation schématique de la périodicité des taches solaires basée sur un principe qui semble pouvoir permettre, dans de nombreux cas, de prévoir ou d'interpréter le caractère général des mouvements fluides non permanents. D'après ce principe, il suffit de remplacer en pensée les circulations locales dont on prévoit l'apparition (effets d'inégales répartitions de la température, d'entraînement du fluide par des corps immergés, etc.), par de petits disques animés de rotation $\omega_i (i = 1, 2, 3, \ldots)$ et de se rendre compte de la position que ces disques tendraient à prendre sous l'effet de la composition des rotations $\vec{\omega}_i$ et $\vec{\Omega}$, cette dernière étant la vitesse angulaire d'entraînement de toute la masse fluide autour d'un axe fixe. Selon la règle des gyroscopes les vecteurs $\vec{\omega}_i$ tendront à devenir parallèles au vecteur $\vec{\Omega}$ et de même sens que lui (²). Dans mon travail précité (¹) j'ai exprimé cette idée, qui m'a été suggérée par la théorie de la formation des cyclones dans l'atmosphère terrestre, graphiquement, en traçant dans une première figure des cercles représentant schématiquement les circulations symétriques par rapport à l'axe de rotation, engendrées par une répartition non uniforme de la température dans le Soleil, et, dans une seconde figure, la transformation, déterminée par l'accélération de Coriolis, des circulations primitives en formations tourbillonnaires à peu près parallèles à l'axe du Soleil et ayant le même sens de rotation que ce dernier. Ces tourbillons, non entretenus, dégénèrent en turbulence et disparaissent, tandis que les circulations primitives réapparaissent et les deux formes de mouvements se succèdent à tour de rôle.

Le bien-fondé de ce raisonnement a été ensuite confirmé par l'expérience que j'ai effectuée avec l'appareil dont j'ai donné la description précédemment (³). J'ai démontré en même temps, en ayant recours à l'analyse dimen-

(¹) *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, fasc. V, Moscou, 1914, p. 98-103.

(²) D. Riabouchinsky, *Sur les expériences de cours et les travaux pratiques dans l'enseignement de l'Aérodynamique* (*C. R. du Vᵉ Congrès Intern. de la Navigation aérienne*, La Haye, 1930, p. 523).

(³) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 574-576.

sionnelle, que le rapport $t_1 : t$, de la période des phases à la période de rotation du globe, doit être approximativement le même pour le Soleil et le modèle, et j'ai indiqué les valeurs 167,9 pour le Soleil et 85,7 pour le modèle. La première de ces valeurs a été calculée en prenant comme période de rotation du Soleil celle de l'équateur, $t_1 = 25$ jours. Si l'on effectue la comparaison en donnant à t la valeur de la période de rotation au voisinage du pôle, c'est-à-dire environ 34 jours, il vient $t_1 : t = 11{,}2$ années : 34 jours $= 119{,}9$ au lieu de 167,9. Il serait désirable que l'on mesure les périodes de rotation le long d'un méridien de la sphère du modèle et leur variation dans le temps ([4]).

2. J'ai terminé ma Note précitée ([3]), en mentionnant qu'il serait important d'étudier le problème de la stabilité des mouvements giratoires d'un fluide, limité par des parois maintenues à des températures différentes, en étendant à ces problèmes, où interviennent des forces d'inertie, la méthode établie par J. Boussinesq en vue de l'effet de la pesanteur. Je résumerai succinctement cette méthode et sa généralisation, que j'avais en vue pour son application au problème de la périodicité des taches solaires. Les équations considérées sont

$$(1) \qquad \operatorname{grad} p = -\rho \dot{\vec{V}} - \rho g, \qquad \frac{dT}{dt} = k\,\Delta T, \qquad \rho = \frac{\rho_0}{1+\alpha T} = \rho_0 - \alpha T \rho_0,$$

où T est la température, α et k les coefficients de la dilatation et de la conductibilité thermique. En admettant que les accélérations $\dot{\vec{V}}$ des particules fluides sont suffisamment petites comparativement à l'accélération g de la pesanteur, on peut considérer le terme $\alpha T \rho_0 \dot{\vec{V}}$ comme étant du deuxième ordre de petitesse comparativement au terme $\alpha T \rho_0 g$ et l'omettre. La première des équations (1) et l'équation de continuité se réduisent alors à

$$\operatorname{grad} p = -\rho_0 \dot{\vec{V}} - \rho_0 g(1-\alpha T), \qquad \operatorname{div} \vec{V} = 0,$$

ce qui est, évidemment, une très grande simplification.

Dans le cas des fluides animés de mouvements giratoires, il faut admettre que les accélérations $\dot{\vec{V}}$ des particules fluides, comprises, par exemple, entre deux sphères concentriques de rayons r_2 et r_1, sont suffisamment petites comparativement aux accélérations $\Omega^2 r$, $r_1 \leqq r \leqq r_2$, pour que les termes $\alpha T \rho_0 \dot{\vec{V}}$ puissent être considérés comme négligeables par rapport aux termes $\alpha T \rho_0 \Omega^2 r$.

([4]) Dans son travail *On the Theory of rotating Stars* (*Astrophysics Norvegia*, vol. II, n°3, Oslo, 1936, p. 191) S. Rosseland mentionne que l'idée que la formation des taches solaires doit être due à une sorte d'instabilité dynamique, semble être à présent généralement reconnue et qu'il l'avait envisagée lui-même dans un Mémoire publié en 1929, mais que cette idée est cependant plus ancienne et remonte au moins à l'expérience de Riabouchinsky d'avant la première guerre mondiale.

3. Dans sa thèse *sur les perturbations provoquées dans le mouvement d'un fluide par des variations de température* ([5]), C. Woronetz applique cette généralisation de la méthode de Boussinesq qui lui permet de traiter d'une façon uniforme le problème de la stabilité de certains mouvements permanents et, dans le cas de deux sphères concentriques, maintenues à des températures constantes différentes, celui des mouvements que cette répartition de la température rend essentiellement non permanents. Pour étudier ce dernier problème il a aussi recours à une méthode générale permettant de déterminer de proche en proche les valeurs initiales, indépendantes du temps t, des fonctions $\vec{V}_i$, T_i, $p_i (i = 1, 2, \ldots)$ dans les développements

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \sum \frac{(t - t_0)^i}{i!} \vec{V}_i, \qquad T = T_0 + \sum \frac{(t - t_0)^i}{i!} T_i, \qquad p = p_0 + \sum \frac{(t - t_0)^i}{i!} p_i.$$

Comme la théorie de la génération des cavitations l'a déjà fait voir ([6]), les mouvements initiaux qui se dessinent ainsi permettent de prévoir ceux qui prennent effectivement naissance dans les fluides réels.

C. Woronetz a démontré que les vecteurs $\vec{V}_n$ pour n pair sont tous orthogonaux au plan du méridien et pour n impair, se trouvent dans ce plan et que les accélérations du deuxième ordre $\vec{V}_2$ se trouvant de part et d'autre d'une certaine surface de révolution, ont des sens opposés, en parfait accord avec le principe général ([1]) rappelé dans la première section.

On peut déduire des formules de C. Woronetz que la répartition initiale des périodes de rotation le long d'un méridien est déterminée par l'équation $t_1 = t_0 - A \cos^2 \theta$, où θ est la latitude. La forme de ces équations est celle de la formule empirique bien connue, mais les paramètres t_0 et A sont des fonctions du temps.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau le *Septième Catalogue comprenant* 1315 *étoiles dont* 709 *fondamentales, de* $+45°$ *à* $-26°$, *observées* à l'Observatoire d'Abbadia, *en* 1933, 1934, *réduites à* 1925,0, qui vient de paraître.

M. **Paul Pascal** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les deux premiers volumes d'un Traité de *Chimie générale* qui reproduit avec fidélité les cours que j'ai professés à Paris depuis vingt ans.

Dans mon esprit, cet Ouvrage est surtout destiné aux élèves de licence et

---

([5]) *Thèse*, Paris, 1934.

([6]) D. Riabouchinsky, *Comptes rendus du IIe Congrès International de Mécanique appliquée*, Zürich, 1926, p. 516; B. Demtchenko, *Thèse*, Paris, 1928, p. 21.

d'agrégation qui désirent dominer le programme de leurs études, mais j'espère que, par les documents numériques que j'y ai accumulés et la tournure même de l'exposé, il sera encore utile aux professeurs et aux chercheurs.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Gaston Julia** et **Georges Durand-Viel** sont désignés pour représenter l'Académie à la cérémonie qui aura lieu le dimanche 26 mars 1950 à l'Église Saint-Louis des Invalides, à la mémoire du Maréchal Foch et des morts du XXe Corps d'Armée.

M. **Charles Dufraisse** est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie organisée par l'Université de Lyon, le 13 mai 1950, pour commémorer le cinquantième anniversaire de la découverte des combinaisons organo-magnésiennes mixtes par Victor Grignard.

CORRESPONDANCE.

M. **Gustavo Colonnetti**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse ses remercîments à l'Académie.

La **Commission de l'Énergie atomique des États-Unis** adresse une série de ses Publications.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Constantin Levaditi. *Antibiotiques d'origine fongique, bactérienne ou végétale (autres que la Pénicilline et la Streptomycine)*, avec la collaboration de Aron Vaisman et Mlles J. Henry-Eveno et J. Veillet.

2° *Robert Lespieau*, 1864-1947, par Georges Dupont.

THÉORIE DES RELATIONS. — *Sur une nouvelle classification des systèmes de relations*. Note (*) de M. **Roland Fraïssé**, présentée par M. Gaston Julia.

I. Adoptons les définitions d'une précédente Note (1), et modifions ainsi qu'il suit la notion de polyrelation (les définitions et résultats qui la concernent restant inchangés).

Soit E un ensemble appelé *base*, $\mathcal{I}$ un ensemble fini dont les éléments seront appelés *indices*, $\mathcal{A}$ une fonction définie sur $\mathcal{I}$, prenant pour valeurs a_i des *rela-*

(*) Séance du 27 février 1950.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1682.

tions définies sur E ou des *éléments* de E; $\mathcal{A}$ sera dite une *polyrelation définie sur E.*

La suite n_i définie sur $\mathcal{I}$, égale au nombre des arguments de a_i (ou à zéro si a_i est un élément), sera appelée la *signature* de $\mathcal{A}$.

Si $\mathcal{I}$ est vide, $\mathcal{A}$ se réduit à la base E; sa signature est dite *vide.*

Les signatures de deux polyrelations $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ seront dites *disjointes* si les ensembles d'indices $\mathcal{I}$ de $\mathcal{A}$ et $\mathcal{J}$ de $\mathcal{B}$ sont disjoints. En ce cas, et si $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ ont la même base, $(\mathcal{A}\mathcal{B})$ désignera la polyrelation dont les indices sont ceux de $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$, qui se réduit à $\mathcal{A}$ sur $\mathcal{I}$ et à $\mathcal{B}$ sur $\mathcal{J}$. Si s, t, S sont les signatures de $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ et $(\mathcal{A}\mathcal{B})$, nous écrirons $s = S - t$.

II. Soient $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ deux polyrelations de signature s, de bases E, E'; t une signature disjointe de s.

$\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ seront dites $(0, t)$-*parentes* si elles sont 0-parentes, c'est-à-dire s'il existe une polyrelation supérieure à elles deux.

Supposons définies les $(n-1, t')$-*parentés* pour toute t' restriction de t. Si n est un nombre naturel, $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ seront dites (n, t)-*parentes* si, à toute polyrelation $\mathcal{B}$ de base E dont la signature u est une restriction de t, correspond une polyrelation $\mathcal{B}'$ de base E', telle que $(\mathcal{A}\mathcal{B})$ et $(\mathcal{A}'\mathcal{B}')$ soient $(n-1, t-u)$-parentes; et si la condition obtenue en échangeant les rôles de $\mathcal{A}$, E et de $\mathcal{A}'$, E', est satisfaite (t, u, $t-u$ pouvant être vides).

Si, n étant donné, $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ sont (n, t)-parentes quelle que soit la signature t disjointe de s, elles seront dites *n-parentes bornées.* Si elles sont n-parentes bornées pour tout n, elles seront dites ω-*parentes bornées.* Si elles sont (n, t)-parentes quelle que soit la signature t, disjointe de s et ne prenant que la valeur 0, elles seront dites *n-subparentes bornées.* Si elles sont n-subparentes bornées pour tout n, elles seront dites ω-*subparentes bornées.*

Si ν est le nombre des indices de t, on voit aisément que deux polyrelations (ν, t)-parentes sont encore (n, t)-parentes pour tout n.

Deux polyrelations (n, t)-parentes sont encore (m, u)-parentes si $m \leqq n$, u restriction de t; il s'ensuit que deux polyrelations n-parentes bornées (ou n-subparentes bornées) sont encore m-parentes bornées (ou m-subparentes bornées) pour $m < n$, et que deux polyrelations n-parentes bornées sont encore n-subparentes bornées.

Deux polyrelations n-parentes (ou n-subparentes) sont encore n-parentes bornées (ou n-subparentes bornées).

Toutes les parentés définies ci-dessus sont des équivalences *entre types* de polyrelations.

Si s et t sont données, l'ensemble des classes de polyrelations de signature s, (n, t)-parentes, est fini.

III. On démontre les propositions suivantes :

1. *Les n-subparentés bornées sont toutes distinctes; les* 0, 1, 2-*parentés bornées sont distinctes. Ces propriétés sont encore vraies si les bases sont dénombrables.*

2. *Les 1-parentés et 1-subparentés bornées ou non sont identiques.*

3. *Les 2-parentés et 2-subparentés bornées et non bornées sont toutes les quatre distinctes; chacune entraîne les suivantes dans l'ordre :*

2-parenté → 2-subparenté → 2-parenté bornée → 2 subparenté bornée.

4. *Il existe des polyrelations qui sont ω-subparentes bornées sans être 2-parentes bornées; a fortiori, il existe, pour tout $n > 1$, des n-subparentes bornées qui ne sont ni n-parentes bornées, ni n-subparentes.*

5. *Deux polyrelations réduites à leurs bases et dont les puissances sont deux cardinaux consécutifs $\aleph_\alpha$ et $\aleph_{\alpha+1}$ ne sont pas 5-parentes bornées* (proposition plus forte que III-9 de la Note citée).

6. *A toute polyrelation correspond au moins une restriction dénombrable ω-subparente bornée et un prolongement de puissance arbitrairement choisie, ω-subparent borné.*

IV. *Hypothèses.* — Les propositions suivantes nous paraissent vraisemblables :

1. *Il existe, pour tout n, des polyrelations n-parentes bornées sans être $(n+1)$-parentes bornées et, pour $n > 2$, des polyrelations n-parentes bornées sans être n-parentes.*

2. *Deux polyrelations de bases dénombrables, ω-parentes bornées, ont le même type.*

ALGÈBRE. — *Théorie des filets dans les groupes réticulés.*

Note de M. **Paul Jaffard**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans cette Note, G désignera un groupe abélien réticulé. Soit G_+ l'ensemble de ses éléments positifs ou nuls. Si $a, b \in G_+$ sont tels que $\inf(a, b) = 0$, on dira que a et b sont étrangers. On introduit maintenant la relation d'équivalence suivante entre les éléments de G_+

$$a \equiv b \rightleftharpoons [\text{si } x \in G_+, \inf(a, x) = 0 \rightleftharpoons \inf(b, x) = 0],$$

c'est-à-dire : deux éléments de G_+ sont équivalents si tout élément de G_+ étranger à l'un est étranger à l'autre. Cette relation d'équivalence définit des classes dans G_+ qui seront appelées *filets*. On désignera par $\overline{a}$ le filet qui contient a.

On introduit alors une relation d'ordre entre les filets en posant

$$\overline{a} \geqq \overline{b} \rightleftharpoons [\text{si } x \in G_+, \inf(a, x) = 0 \rightarrow \inf(b, x) = 0].$$

[Cette relation est bien indépendante du représentant choisi car si $\overline{a} = \overline{a_1}$, $\overline{b} = \overline{b_1}$ et $\overline{a} \geqq \overline{b}$, $\inf(a_1, x) = 0 \rightarrow \inf(a, x) = 0 \rightarrow \inf(b, x) = 0 \rightarrow \inf(b_1, x) = 0$].

On sait que :

Lemme 1. — *Si 3 éléments $a, b, c \in G_+$ sont tels que c soit étranger à a et à b, c est étranger à $a + b$.*

Ce lemme montre que $\bar{a} \geq \bar{b}$ entraîne $\bar{a} = \overline{a+b}$. Si l'on pose donc $m = \sup(a, b)$, on a $\bar{m} \geq \bar{a}, \bar{b}$ et si $\bar{x}$ est tel que $\bar{x} \geq \bar{a}, \bar{b}$ on a $\bar{x} = \overline{x+a+b}$, donc $x+a+b \geq m$ entraîne $\bar{x} \geq \bar{m}$.

De plus, si $\bar{a} \geq \bar{b}$, on voit que $\bar{b} = \overline{\inf(a, b)}$. En effet $\bar{b} \geq \overline{\inf(a, b)}$ et $\inf[\inf(a, b), x] = \inf(a, b, x) = 0 \to \inf(b, b, x) = \inf(b, x) = 0$, donc $\overline{\inf(a, b)} = \bar{b}$.

Si maintenant $a, b \in G_+$, $d = \inf(a, b)$, on voit que $\bar{d} \leq \bar{a}, \bar{b}$. D'autre part, $\bar{x} \leq \bar{a}, \bar{b}$ implique $\bar{x} = \overline{\inf(a, b, x)} = \overline{\inf(d, x)} \leq \bar{d}$. Donc :

THÉORÈME 1. — *L'ensemble des filets forme un réseau et*

$$\inf(\bar{a}, \bar{b}) = \overline{\inf(a, b)}, \qquad \sup(\bar{a}, \bar{b}) = \overline{\sup(a, b)}. \tag{1}$$

G étant un réseau distributif, on déduit des formules (1) qu'il en est de même de l'ensemble des filets.

On dira que deux filets $\bar{a}$ et $\bar{b}$ sont étrangers quand $\inf(\bar{a}, \bar{b}) = \bar{0}$, ce qui revient à dire quand $\inf(a, b) = 0$. Un filet $\bar{a}$ tel que $\bar{a} \neq \bar{0}$ et $\bar{x} < \bar{a} \to \bar{x} = \bar{0}$ est dit *filet minimal*.

THÉORÈME 2. — *Si $\bar{a}$ et $\bar{a}'$ sont deux filets différents de $\bar{0}$ tels que $\bar{a}' < \bar{a}$, il existe un filet $\bar{a}''$ différent de $\bar{0}$, étranger à $\bar{a}'$ et tel que $\bar{a}'' < \bar{a}$.*

$\bar{a}' < \bar{a}$ implique qu'il existe x tel que $\inf(a', x) = 0$ et $a'' = \inf(a, x) \neq 0$. On a $\inf(a', a'') = \inf(a, a', x) = 0$, donc $\bar{a}''$ répond à la question.

THÉORÈME 3. — *Un filet minimal engendre un sous-groupe* G *qui est totalement ordonné.*

Soit $\mathfrak{F}$ un filet minimal. Montrons d'abord qu'il est totalement ordonné. Si $a, b \in \mathfrak{F}$ et s'il n'existe pas de relation d'ordre entre a et b, on en déduit que $c = \inf(a, b) \neq 0$ et si $a' = a - c$, $b' = b - c$, on a $a', b' \neq 0$ et $\bar{a}', \bar{b}' \leq \mathfrak{F}$. Par suite $\bar{a}' = \bar{b}' = \mathfrak{F}$ et $\inf(a', b') \neq 0$; or

$$\inf(a'\, b') = \inf(a - c, b - c) = \inf(a, b) - c = 0.$$

D'où une contradiction. On voit alors facilement que $\mathfrak{F} \cup \{-\mathfrak{F}\} \cup \{0\}$ est un sous-groupe de G qui est totalement ordonné. On le notera $\tilde{\mathfrak{F}}$.

Étant donné un ensemble $(G_\iota)_{\iota \in I}$ de groupes ordonnés, on appellera produit ordonné (resp. somme directe ordonnée) des groupes $G_\iota (\iota \in I)$ le produit direct (resp. la somme directe) au sens habituel, muni de la structure d'ordre produit.

THÉORÈME 4. — *Soit $(\mathfrak{F}_\iota)_{\iota \in I}$ un ensemble de filets minimaux de* G, *le sous-groupe* H *engendré par $\bigcup_{\iota \in I} \mathfrak{F}_\iota$ est la somme directe ordonnée des groupes $\tilde{\mathfrak{F}}_\iota$.*

Il suffit de faire la démonstration dans le cas où I est fini. Pour cela, on raisonne par récurrence sur le nombre des éléments de I en remarquant que la propriété est vraie si I a un élément.

ALGÈBRE. — *Construction d'algèbres centrales simples sur des corps de caractéristique zéro.* Note (*) de M. **Shimshon Amitsur**, présentée par M. Paul Montel.

Nous construisons, par la méthode de Steinitz, les corps commutatifs de rang fini sur un corps C de caractéristique zéro à l'aide des polynomes irréductibles d'une variable commutative x sur C. Le but de la présente Note est de donner une méthode analogue pour la construction de toute extension centrale simple d'ordre fini sur C à l'aide de polynômes différentiels dans une extension transcendante K de C.

Nous définissons dans K une dérivation ([1]) dont le corps de constantes est C. Soit $K[t]$ l'anneau des polynômes différentiels $p(t)=\sum_{\nu=0}^{n} t^{\nu} k_{\nu} (k_{\nu} \in K)$ où la multiplication est définie par $kt = tk + k'$ pour tout $k \in K$, k' étant la dérivée de k. Soit $p(t)_R$ l'idéal droit $p(t)K[t]$. L'ensemble de tous les polynômes $a(t) \bmod p(t)_R$ tels que $a(t)p(t) \equiv 0 \bmod p(t)_R$ forme un anneau $E(p)$ appelé l'anneau invariant de $p(t)$ ([2]). L'anneau $E(p)$ est une algèbre finie sur C. Nous montrerons que :

Théorème 1. — *Chaque algèbre centrale simple (a. c. s.) $\mathfrak{A}$ d'ordre n^2 sur le corps C, dont K est un corps de décomposition, est isomorphe à l'anneau invariant d'un polynôme $p(t)$ de degré n.*

Théorème 2. — *Le corps K est le corps de décomposition de chaque algèbre d'ordre n^2 sur C qui est isomorphe à l'anneau invariant d'un polynôme $p(t)$ de degré n.*

D'autre part, nous avons mentionné dans une Note précédente ([3]) que chaque a. c. s. $\mathfrak{A}$ d'ordre fini sur le corps C possède un corps de décomposition K lequel est une extension transcendante de C. Lorsque la caractéristique de C est zéro, il est possible de définir ([1]) dans K une dérivation dont le corps des constantes est C. Ces résultats permettent de construire toute algèbre centrale simple sur un corps de caractéristique zéro.

Démonstration des théorèmes 1 et 2. — Soit e_{ik} la matrice d'ordre n ayant le nombre 1 à la place (i, k) et zéro partout ailleurs. Au polynôme $p(t)$ faisons correspondre la matrice diagonale $P(t)=\sum_{i=1}^{n-1} e_{ii} + p(t) e_{nn}$. Démontrons d'abord le lemme :

(*) Séance du 23 janvier 1950.

([1]) R. Baer, *Heid. Akad. Wiss. Sitz.* (Mat.), 1927-1928.

([2]) N. Jacobson, *Ann. of Math.*, 38, 1937, p. 497-507, § 10.

([3]) A. S. Amitsur, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 902.

LEMME. — *L'anneau invariant de $p(t)$ dans l'anneau $K[t]$ est isomorphe à l'anneau invariant de $P(t)$ dans l'anneau $K_n[t]$ des matrices d'ordre n sur $K[t]$.*

En effet : le polynôme $a(t) \in E(p)$ quand $a(t)p(t) \equiv 0 \bmod p(t)_R$, c'est-à-dire quand il existe un polynôme $a_1(t)$ tel que $a(t)p(t) = p(t)a_1(t)$. Il s'ensuit que $[a(t)e_{nn}]P(t) = P(t)[a(t)e_{nn}]$, donc la matrice $a(t)e_{nn}$, appartient à l'anneau $E[p(t)]$. Inversément on voit que la correspondance $a(t) \to a(t)e_{nn}$ pour chaque $a(t) \in E(p)$ est un isomorphisme entre $E(p)$ et un anneau partiel de $E[P(t)]$. Cet anneau partiel est identique avec l'anneau $E[P(t)]$ car nous montrerons que chaque $Q(t) \in E[P(t)]$ est congruent à la matrice $a(t)e_{nn} \bmod P(t)_R$. En effet $\overline{Q}(t) = Q(t) - P(t)Q(t) = \sum_{i=1}^{n} q_i(t)e_{ni}$. Quand $Q(t) \in E[P(t)]$ on aura aussi $\overline{Q}(t) \in E[P(t)]$ c'est-à-dire $\overline{Q}(t)P(t) = P(t)Q_1(t)$. Maintenant, en calculant les dernières lignes des matrices dans cette équation on obtient $\overline{Q}(t) - P(t)\left[\sum_{i=1}^{n-1} s_i(t)e_{ni}\right] = a(t)e_{nn}$ et $a(t)e_{nn}$ est la matrice cherchée.

Démontrons maintenant le théorème 1 : soit $\mathfrak{A}$ une a. c. s. d'ordre n^2 sur le corps C et soit K un corps de décomposition de $\mathfrak{A}$. Nous avons montré précédemment ([3]) qu'il existe une matrice $P \in K_n$ telle que $\mathfrak{A}$ est isomorphe à l'anneau de toutes les matrices $Q \in K_n$ pour lesquelles

$$QP = PQ + Q'. \tag{1}$$

Étant donné que la caractéristique de K est zéro, la matrice $P - tE$, où E est la matrice unité de $K_n[t]$, est associée à la matrice ([2]) $P(t) = \sum_{i=1}^{n-1} e_{ii} + p(t)e_{nn}$, où $p(t)$ est un polynôme de degré n. L'anneau de toutes les matrices qui satisfont (1) est isomorphe à l'anneau invariant de $P(t)$, lequel est isomorphe, d'après notre lemme, à l'anneau $E(p)$. Par conséquent $\mathfrak{A}$ est isomorphe à l'anneau invariant du polynôme $p(t)$.

Démontrons le théorème 2 : Soit $p(t) = t^n + t^{n-1}a_n + \ldots + a_1$ un polynôme de degré n dans $K[t]$. Soit l'anneau invariant $E(p)$ une algèbre d'ordre n^2 au-dessus du corps C. Écrivons $P = \sum_{i=1}^{n-1} e_{i+1\,i} - \sum_{i=1}^{n} a_i e_{in}$, la matrice $P - tE$ est associée à la matrice ([2]) $P(t) = \sum_{i=1}^{n-1} e_{ii} - p(t)e_{nn}$. L'anneau $E(p)$ est isomorphe, d'après notre lemme, à l'anneau $E[P(t)]$, lequel est isomorphe ([2]) à l'anneau de toutes les matrices qui satisfont (1). Nous avons montré précédemment ([3]) que lorsque l'anneau de toutes les matrices qui satisfont (1) est une algèbre d'ordre n^2 sur du corps C, cette algèbre est centrale et simple et K est son

corps de décomposition. Il s'ensuit que $E(p)$ est aussi une a. c. s. dont K est un corps de décomposition.

On peut démontrer :

THÉORÈME 3. — *Soit $p(t)$ un polynôme de degré n pour lequel $E(p)$ est une algèbre d'ordre n^2 sur C. L'algèbre $E(p)$ est une algèbre de division, si et seulement si $p(t)$ est un polynôme irréductible.*

ALGÈBRE DES ENSEMBLES. — *Relations binaires et applications.* Note de M. **Paul Dubreil**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Une application f d'un ensemble E sur un ensemble E′ sera dite *semi-uniforme* si

(A) $x' \in f(x)$, $y' \in f(x)$ et $y' \in f(y)$ entraînent $x' \in f(y)$.

(A) signifie que *deux images $f(x)$, $f(y)$ dont l'intersection n'est pas vide, coïncident*, donc que les images distinctes sont les classes d'une partition. L'équivalence correspondante est alors $\mathfrak{T}'$ et l'on a, avec les notations de M. L. Dubreil-Jacotin ([1]), $\mathfrak{T}' = \mathcal{C}'$: *les ensembles stables minimaux σ' sont des images, toute image étant aussi un tel ensemble. Inversement, s'il y a identité entre les σ' et les images $f(x)$, celles-ci forment une partition de E′ et f est semi-uniforme.*

D'après (A), *f^{-1} est semi-uniforme en même temps que f;* en remplaçant f par f^{-1}, E′ par E, σ' par σ, on obtient des conditions équivalentes aux précédentes.

Remarque. — Tout σ' peut être une image sans que f soit semi-uniforme. Cela se produit notamment dès que les images forment une chaîne, l'une d'elles étant E′, unique σ'. Exemple : E et E′ sont le segment $[-1, +1]$, $f(x) = [-x, +x]$; on a $\mathfrak{T}' = \mathcal{C}'$, $\mathfrak{T} = \mathcal{C}$; f n'est pas semi-uniforme.

Exemples. — 1° *Toute application uniforme est semi-uniforme; de même, toute application inverse d'application uniforme.*

2° Soient $E = \mathcal{M}/\mathbf{P}$, $E' = \mathcal{M}/\mathbf{P}'$, où $\mathbf{P}$ et $\mathbf{P}'$ sont deux équivalences définies dans $\mathcal{M}$. Si $f(x)$, $(x \in E)$, est l'ensemble des classes $x' \in E'$ telles que $x' \cap x \neq \mathbf{O}$, *$f$ est semi-uniforme si et seulement si $\mathbf{P}$ et $\mathbf{P}'$ sont permutables* (ou *associables*, *cf.* P. Dubreil, *Algèbre*, 1, p. 17).

3° Si E (ou E′) est l'ensemble des *idéaux* $\mathfrak{m}$ ($\mathfrak{m}'$) d'un anneau $A (A' \supseteq A)$ et si $f(\mathfrak{m})$ est l'ensemble des idéaux $\mathfrak{m}'$ de A′ vérifiant ([1]) $\mathfrak{m}' \cap A = (\mathfrak{m}A') \cap A$, les relations $\mathfrak{m}'$ & $\mathfrak{m}'_1 \in f(\mathfrak{m})$ entraînent $\mathfrak{m}' \cap A = \mathfrak{m}'_1 \cap A$; si donc $\mathfrak{m}'_1 \in f(\mathfrak{m}_1)$, on a aussi $\mathfrak{m}' \in f(\mathfrak{m}_1)$: *f est semi-uniforme.*

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 806; *ibid.*, p. 906. $x' \mathfrak{T}' y' \rightleftharpoons \exists p \in E : x' \,\&\, y' \in f(p)$.

2. Soient $\mathcal{R}$ et $\mathcal{S}$ deux relations dans E : $\mathcal{R}$ sera dite $\mathcal{S}$-hexagonale si l'on a $\mathcal{R}\mathcal{S}\mathcal{R} \subseteq \mathcal{S}\mathcal{R}\mathcal{S}$.

THÉORÈME 1. — *$\mathcal{R}$ est $\mathcal{S}$-hexagonale dès que l'une des conditions a, b, c suivantes est vérifiée :*

a. $\mathcal{R}$ est transitive ($\mathcal{R}^2 \subseteq \mathcal{R}$), $\mathcal{S} \subseteq \mathcal{S}^2$ [*ce qui a lieu si $\mathcal{S}$ est réflexive* ([2])], *$\mathcal{R}$ et $\mathcal{S}$ sont permutables* ($\mathcal{R}\mathcal{S} = \mathcal{S}\mathcal{R}$);

b. $\mathcal{R}^2 \subseteq \mathcal{R}\mathcal{S} \subseteq \mathcal{S}\mathcal{R}$ (*ou bien* $\mathcal{R}^2 \subseteq \mathcal{S}\mathcal{R} \subseteq \mathcal{R}\mathcal{S}$);

c. $\mathcal{R}$ est transitive, $\mathcal{S}$ est réflexive, $\mathcal{R}$ est permutable à droite (par exemple) *avec $\mathcal{S}$* ($\mathcal{S}\mathcal{R} \subseteq \mathcal{R}\mathcal{S}$).

En effet, *a.* entraîne $\mathcal{R}\mathcal{S}\mathcal{R} \subseteq \mathcal{R}\mathcal{S}^2\mathcal{R} = \mathcal{S}\mathcal{R}^2\mathcal{S} \subseteq \mathcal{S}\mathcal{R}\mathcal{S}$;

b. entraîne $\mathcal{R}\mathcal{S}\mathcal{R} \subseteq \mathcal{S}\mathcal{R}^2 \subseteq \mathcal{S}\mathcal{R}\mathcal{S}$;

c. entraîne $\mathcal{R}\mathcal{S}\mathcal{R} \subseteq \mathcal{R}^2\mathcal{S} \subseteq \mathcal{R}\mathcal{S} \subseteq \mathcal{S}\mathcal{R}\mathcal{S}$.

Remarque. — On constate sur des exemples simples que deux équivalences peuvent être hexagonales l'une à l'autre sans être permutables.

3. A une relation $\mathcal{R}$ définie dans E, associons, dans E', $\mathcal{R}'_1$ définie par

(B) $\quad x'\mathcal{R}'_1 y' \rightleftharpoons \exists x \,\&\, y \in E$ tels que $x' \in f(x)$, $\quad y' \in f(y)$, $\quad x\mathcal{R}y$

Si $\mathcal{R}$ est symétrique, $\mathcal{R}'_1$ l'est. Si $\mathcal{R}$ est réflexive, $\mathcal{R}'_1$ l'est, et contient $\mathcal{C}'$.

THÉORÈME 2. — *Si $\mathcal{R}'_1$ contient $\mathcal{C}'$ (en particulier si $\mathcal{R}$ est réflexive) pour que $\mathcal{R}'_1$ soit transitive, il faut que l'on ait $\mathcal{R}'_1\mathcal{C}' = \mathcal{R}'_1$, $\mathcal{C}'\mathcal{R}'_1 = \mathcal{R}'_1$.*

En effet, $\mathcal{C}' \subseteq \mathcal{R}'_1 \rightarrow \mathcal{R}'_1\mathcal{C}' \subseteq \mathcal{R}'^2_1 \subseteq \mathcal{R}'_1$. Comme $\mathcal{R}'_1 \subseteq \mathcal{R}'_1\mathcal{C}'$ ([2]), on a l'égalité.

THÉORÈME 3. — *Pour que $\mathcal{R}'_1$ soit transitive, il faut que $\mathcal{R}$ soit $\mathcal{C}$ hexagonale.*

Soit $x\mathcal{R}\mathcal{C}\mathcal{R}z$, c'est-à-dire $x\mathcal{R}y_1$, $y_1\mathcal{C}y_2$, $y_2\mathcal{R}z$; si $x' \in f(x)$, $y' \in f(y_1) \cap f(y_2)$ ($\neq 0$), $z' \in f(z)$, on a $x'\mathcal{R}'_1 y'$ et $y'\mathcal{R}'_1 z'$, donc $x'\mathcal{R}'_1 z'$, c'est-à-dire $x' \in f(x_1)$, $z' \in f(z_1)$ avec $x_1\mathcal{R}z_1$, et de plus $x\mathcal{C}x_1$, $z_1\mathcal{C}z$. Il vient donc $x\mathcal{C}\mathcal{R}\mathcal{C}z$. C. Q. F. D.

THÉORÈME 4. — *Si $\mathcal{R}$ est $\mathcal{C}$-hexagonale et si l'on a*

$$\mathcal{R}'_1\mathcal{C}' \subseteq \mathcal{R}'_1, \qquad \mathcal{C}'\mathcal{R}'_1 \subseteq \mathcal{R}'_1$$

$\mathcal{R}'_1$ est transitive.

Soit $x'\mathcal{R}'_1 y'$ et $y'\mathcal{R}'_1 z'$, donc $x' \in f(x)$, $y' \in f(y_1) \cap f(y_2)$, $z' \in f(z)$ avec $x\mathcal{R}y_1$ et $y_2\mathcal{R}z$, d'où $x\mathcal{R}\mathcal{C}\mathcal{R}z$, donc $x\mathcal{C}\mathcal{R}\mathcal{C}z$. Soient $x\mathcal{C}p$, $p\mathcal{R}q$, $q\mathcal{C}z$ et $p' \in f(x) \cap f(p)$, $q' \in f(z) \cap f(q)$. On a $x'\mathcal{C}'p'$, $p'\mathcal{R}'_1 q'$, $q'\mathcal{C}'z'$ donc $x'\mathcal{C}'\mathcal{R}'_1\mathcal{C}'z'$, d'où $x'\mathcal{R}'_1 z'$ puisque $\mathcal{C}'\mathcal{R}'_1\mathcal{C}' \subseteq \mathcal{R}'_1\mathcal{C}' \subseteq \mathcal{R}'_1$.

COROLLAIRES. — 1. *Quand $\mathcal{R}$ est réflexive, il faut et il suffit, pour que $\mathcal{R}'_1$ soit transitive, qu'on ait $\mathcal{R}'_1\mathcal{C}' = \mathcal{R}'_1 = \mathcal{C}'\mathcal{R}'_1$ et que $\mathcal{R}$ soit $\mathcal{C}$-hexagonale.*

2. *Si $\mathcal{R}$ est transitive et contient $\mathcal{C}$, $\mathcal{R}'_1$ est transitive.*

On vérifie que les conditions du théorème 4 sont satisfaites. D'ailleurs $x'\mathcal{R}'_1 y' \,\&\, y'\mathcal{R}'_1 z' \rightarrow x\mathcal{R}\mathcal{C}\mathcal{R}z \rightarrow x\mathcal{R}z \rightarrow x'\mathcal{R}'_1 z'$, car $\mathcal{R}\mathcal{C}\mathcal{R} \subseteq \mathcal{R}^3 \subseteq \mathcal{R}$.

3. *Quand f est semi-uniforme, il faut et il suffit, pour que $\mathcal{R}'_1$ soit transitive, que $\mathcal{R}$ soit $\mathcal{C}$-hexagonale.*

([2]) Si $\mathcal{S}$ est réflexive, on a $P \subseteq P\mathcal{S}$, $P \subseteq \mathcal{S}P$ quelle que soit P.

En effet, on a $\mathcal{R}'_1\mathcal{C}' = \mathcal{R}'_1 = \mathcal{C}'\mathcal{R}'_1$ quelle que soit $\mathcal{R}$, car si par exemple $x'\mathcal{C}'\mathcal{R}'_1 y'$, on a $x' \in f(x)$, $p' \in f(x) \cap f(p)$, $y' \in f(y)$ avec $\mathcal{R}y$; d'où $x' \in f(p)$, donc $x'\mathcal{R}'_1 y'$ et $\mathcal{C}'\mathcal{R}'_1 \subseteq \mathcal{R}'_1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de Dirichlet pour les équations aux dérivées partielles elliptiques homogènes à coefficients constants.* Note de M. **Lars Gårding**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $p(\xi) = p(\xi_1, \ldots, \xi_n)$ un polynôme réel et homogène à n variables réelles de degré $m' > 0$ et soit $p(\xi) > 0$ pour tout ξ réel et différent de zéro. Il s'ensuit que $m' = 2m$ est un entier pair. Nous associons à ce polynôme un opérateur différentiel elliptique p, défini par $pf(x) = (-1)^m p(\partial/\partial x) f(x)$, où $f(x) = f(x_1, \ldots, x_n)$ appartient à l'ensemble C_∞ des fonctions réelles et indéfiniment dérivables de n variables réelles. Dans le cas où $2m \geq n$, M. Herglotz a construit une solution élémentaire de l'équation $pf = 0$ (¹). Modifiant son procédé on peut dans le cas général construire une fonction $P(x)$, analytique pour x réel et $\neq 0$, absolument intégrable sur chaque compact, et telle que $pP(x) = 0$, $(x \neq 0)$, et

$$p\int P(x-y) f(y)\, dy = \int P(x-y)\, pf(y)\, dy = f(x)$$

pour tout $f \in C_\infty$, s'annulant en dehors d'un compact. Ces propriétés de la solution élémentaire P nous permettent d'obtenir par un procédé connu (²) la proposition suivante. Soit φ une fonction absolument intégrable sur chaque compact d'un domaine ouvert T, et supposons que

$$\int \varphi(x)\, pf(x)\, dx = 0$$

pour tout $f \in C_\infty$ qui s'annule en dehors d'un compact contenu dans T. Alors il existe une solution analytique ψ de l'équation $p\psi = 0$ telle que φ est égal à ψ presque partout dans T.

Soit S un domaine ouvert et borné de l'espace euclidien à n dimensions. Posons, pourvu que l'intégrale existe, $(f, g)_k = \int_S \Sigma\, Df(x)\, Dg(x)\, dx$, où la somme s'étend à tous les $D = \partial^k/\partial x_1^{\alpha_1} \ldots \partial x_n^{\alpha_n}$ pour lesquels $\alpha_1 + \ldots + \alpha_n = k$. Écrivons $p(\xi)$ sous la forme

$$\sum_{i_1, \ldots, i_{2m} = 1}^{n} p_{i_1 \ldots i_{2m}} \xi_{i_1} \ldots \xi_{i_{2m}},$$

(¹) *Leipziger Berichte*, 78, 1926, p. 257-318. *Voir* aussi les récentes Notes de M. Florent Bureau, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 402; 226, 1948, p. 150-1131; *Bull. Ac. Sc. Belgique*, 22, 1936; 33, 1947, p. 1851-379, p. 587-684; 34, 1948, p. 566; *Mém. Ac. Sc. Belgique*, 21, 1947, p. 5.

(²) H. Weyl, *Duke Math. J.*, 7, 1940, p. 411-444.

où $p_{i_1 \ldots i_{2m}}$ est symétrique par rapport à tous les indices et posons

$$(f, g) = \int_S \Sigma p_{i_1 \ldots i_m k_1 \ldots k_m} f_{i_1 \ldots i_m}(x) g_{k_1 \ldots k_m}(x)\, dx,$$

où $f_{i_1 \ldots i_m}(x) = \partial^m [f(x)/\partial x_{i_1}] \ldots \partial x_{i_m}$. Soit H l'ensemble des fonctions $f \in C_\infty$ qui s'annulent en dehors d'un compact dans S. Si $f \in$ H et

$$F(\xi) = \int e^{ix_1\xi_1 + \ldots + ix_n\xi_n} f(x)\, dx$$

est la transformée de Fourier de f, on déduit de la formule de Parseval

$$|f|^2 = (f, f) = (2\pi)^{-n} \int |F(\xi)|^2 p(\xi)\, d\xi,$$

$$|f|_m^2 = (f, f)_m = (2\pi)^{-n} \int |F(\xi)|^2 \left(\sum_{\alpha_1 + \ldots + \alpha_n = m} \xi_1^{2\alpha_1} \ldots \xi_n^{2\alpha_n} \right) d\xi,$$

d'où la proposition fondamentale suivante. Il existe un nombre $c > 0$ tel que

(1) $$c^{-1} |f|_m \leqq |f| \leqq c |f|_m$$

pour tout $f \in$ H. Notons que la relation $(f, f) \geqq 0$ n'est pas exacte en général pour une fonction qui n'appartient pas à H. L'inégalité de Poincaré montre qu'il existe des nombres $c_{jk} > 0$ tels que $|f|_j \leqq c_{jk} |f|_k$ quand $j \leqq k$. En fermant H par rapport à $|f|$ et $|f|_k$, nous obtenons donc des espaces de Hilbert séparables $\mathcal{H}$ et $\mathcal{H}_k$ tels que $\mathcal{H} = \mathcal{H}_m$ et $\mathcal{H}_0 \supset \mathcal{H}_1 \supset, \ldots$. Dans un sens facile à préciser, un élément f de $\mathcal{H}_k$ possède des dérivées partielles d'ordre $< k$ qui s'annulent sur la frontière de S.

Le problème de Dirichlet pour l'équation

(2) $$pu(x) = 0$$

peut se formuler comme il suit. Étant donnée une fonction g, m fois différentiables dans S, telle que $|g|_m < \infty$, trouver une solution u de (2) telle que $g - u \in \mathcal{H}$. Les résultats obtenus plus haut nous permettent de résoudre ce problème en employant la variante suivante de la méthode de projection orthogonale de M. Weyl ([3]), signalée par M. Vischik ([4]). Pour tout $f \in$ H, le produit scalaire (f, g) existe et l'on prouve facilement que $|(f, g)| \leqq c_1 |g|_m |f|_m$ de sorte que (1) nous donne $|(f, g)| \leqq c_2 |g|_m |f|$ où c_2 est un nombre positif fixe. Par conséquent il existe dans $\mathcal{H}$ un élément h tel que $(f, g) = (f, h)$ pour tout $f \in$ H. L'élément h de $\mathcal{H}$ appartient aussi à $\mathcal{H}_0$ et l'on voit sans peine que

$$0 = (g - h, f) = \int [g(x) - h(x)] p f(x)\, dx$$

([3]) *Loc. cit.*

([4]) *Mat. Sb. N. S.*, **25**, n° **2**, 1949, p. 189-234.

pour tout $f \in \mathrm{H}$. Il s'ensuit que $g - h$ est égal presque partout à une solution analytique de (2), qui est par conséquent une solution du problème de Dirichlet. Il est clair que la solution est unique. Ajoutons que la solution est bien connue dans des cas spéciaux, notamment pour $p(\xi) = (\xi_1^2 + \ldots + \xi_n^2)^m$.

CALCUL DES VARIATIONS. — *Sur une propriété des extrémales et le théorème de Jacobi.* Note de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Jean Chazy.

Considérons la condition de variation nulle

$$\delta \mathrm{I} = \delta \int_{x_1}^{x_2} \mathrm{F}(x, y, y')\, dx = 0,$$

l'équation d'Euler correspondante

$$(1) \qquad y'' \frac{\partial^2 \mathrm{F}}{\partial y'^2} + y' \frac{\partial^2 \mathrm{F}}{\partial y\, \partial y'} + \frac{\partial^2 \mathrm{F}}{\partial x\, \partial y'} - \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial y} = 0,$$

et la famille des courbes extrémales à un paramètre, voisines d'une extrémale donnée $\mathrm{P}_1\mathrm{P}_2$, et passant au point fixe P_1. On peut, sans restreindre la généralité, supposer le point P_1 placé à l'origine du système des coordonnées orthogonales x, y, dont l'axe des x est tangent à l'extrémale $\mathrm{P}_1\mathrm{P}_2$ en P_1 et dont l'axe des y est dirigé vers le bas : l'extrémale $\mathrm{P}_1\mathrm{P}_2$ correspond ainsi aux conditions initiales $x = 0$, $y = 0$, $y' = \operatorname{tg}\alpha = 0$, ou $\alpha = 0$.

On sait que l'équation (1) est transformée en une équation équivalente par le changement de variables

$$x = \mathrm{X}(\xi, \eta), \qquad y = \mathrm{Y}(\xi, \eta), \qquad \frac{\mathrm{D}(\mathrm{X}, \mathrm{Y})}{\mathrm{D}(\xi, \eta)} \neq 0,$$

pourvu que d'autre part la dérivée $d\eta/d\xi$ soit différente de zéro. Prenons comme nouvelles variables des coordonnées obliques ξ, η de même origine, où l'axe des ξ fait un angle α avec l'axe des x, et où l'axe des η coïncide avec l'axe des y, de sorte qu'on ait les formules et l'équation de transformation

$$x = \xi \cos\alpha, \qquad y = \xi \sin\alpha + \eta, \qquad \frac{\mathrm{D}(x, y)}{\mathrm{D}(\xi, \eta)} = \cos\alpha,$$

$$(2) \qquad \frac{d^2\eta}{d\xi^2} = \frac{\cos\alpha}{\dfrac{\partial^2 \mathrm{F}}{\partial y'^2}} \left[- \left(\frac{d\eta}{d\xi} + \sin\alpha \right) \frac{\partial^2 \mathrm{F}}{\partial y\, \partial y'} + \cos\alpha \left(- \frac{\partial^2 \mathrm{F}}{\partial x\, \partial y'} + \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial y} \right) \right].$$

Dans le cas où $\mathrm{F}(x, y, y')$ est une fonction holomorphe de x, y, y' sur l'extrémale $\mathrm{P}_1\mathrm{P}_2$, et où $\partial^2\mathrm{F}/\partial y'^2$ est différent de zéro, le second membre de l'équation (2) est une fonction holomorphe de ξ, η, $d\eta/d\xi$ et du paramètre $\operatorname{tg}(\alpha/2)$, pour les valeurs de α voisines de zéro. Par conséquent la solution de l'équation (2) définie par les conditions initiales $\xi = 0$, $\eta = 0$, $d\eta/d\xi = 0$, équivalentes à $x = 0$, $y = 0$, $y' = \operatorname{tg}\alpha$, est une fonction holomorphe de ξ et

du paramètre $\operatorname{tg}(\alpha/2)$, et peut être développée sous la forme

$$\eta = \eta_0(\xi) + \eta_1(\xi)\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} + \eta_2(\xi)\operatorname{tg}^2\frac{\alpha}{2} + \ldots,$$

où les coefficients $\eta_i(\xi)$ sont des fonctions holomorphes de ξ *seulement, nulles pour* $\xi = 0$. Cette série est convergente sur toute la partie régulière des extrémales, correspondant aux valeurs suffisamment petites de α. Pour les valeurs infiniment petites de α, qui nous intéressent ici, cette solution se réduit à son premier terme $\eta = \eta_0(\xi)$. Les points d'intersection, autres que P_1, de l'extrémale $\alpha = 0$ et de l'extrémale infiniment voisine correspondant à α infiniment petit, déterminent la variation seconde de l'intégrale I. On peut obtenir la famille d'extrémales au voisinage de l'extrémale P_1P_2 par la transformation suivante de cette extrémale correspondant à $\alpha = 0$:

Sur les côtés AB et A'B' d'un parallélogramme rigide articulé ABB'A'A, portons les points m_1, m_2, m_3, ... et m'_1, m'_2, m'_3, ... à des distances $Am_i = A'm'_i = \xi_i$ des sommets A et A' respectivement; sur des fils tendus entre les points m_i et m'_i marquons les points p_i à des distances $m_ip_i = \eta_0(\xi_i)$ des points m_i. La courbe $Ap_1p_2p_3\ldots$ ainsi obtenue, lorsque l'angle $\widehat{A'AB}$ du parallélogramme est égal à $\pi/2$, représente l'extrémale P_1P_2 correspondant à $\alpha = 0$, l'axe des ξ dans ce cas coïncidant avec l'axe des x.

Une déformation du cadre articulé, définie par $\alpha = \widehat{A'AB} - (\pi/2)$ transforme, pour α infiniment petit, l'extrémale P_1P_2 en l'extrémale infiniment voisine de P_1P_2, issue du point A. Les points d'intersection autres que A, de l'extrémale P_1P_2 avec l'extrémale infiniment voisine, obtenue par une telle transformation de P_1P_2, correspondent, on le sait, aux points conjugués de P_1 sur l'extrémale P_1P_2. Soit P'_1 le point conjugué le plus proche du point P_1 : si le point P'_1 est au delà du point P_2 ou n'existe pas, la variation seconde de l'intégrale I aura le signe de la dérivée $\partial^2F/\partial y'^2$, lorsque cette dérivée ne s'annule pas sur l'extrémale, quelle que soit la valeur de la dérivée y'.

On remarque l'*analogie de cette propriété des extrémales avec la propriété du centre de courbure, donné par l'intersection de deux normales infiniment voisines*.

Le résultat s'étend à une intégrale définie mise sous forme paramétrique

$$I = \int_{t_1}^{t_2} F[x(t), y(t), x'(t), y'(t)]\,dt,$$

où F est une fonction positivement homogène du premier degré en x' et y' avec $x'^2 + y'^2 \neq 0$, et où les extrémales sont définies par les équations

$$\frac{x'y'' - y'x''}{\dfrac{\partial^2F}{\partial x\,\partial y'} - \dfrac{\partial^2F}{\partial y\,\partial x'}} = \frac{-y'^2}{\dfrac{\partial^2F}{\partial x'^2}} = \frac{x'y'}{\dfrac{\partial^2F}{\partial x'\partial y'}} = \frac{-x'^2}{\dfrac{\partial^2F}{\partial y'^2}},$$

dans lesquelles les trois derniers rapports sont identiques.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une description corpusculaire et déterministe des franges de Fraunhofer.* Note de M. **Marcel Boll**, présentée par M. Louis de Broglie.

Notre intention est de chercher, en transcrivant les résultats obtenus par les zones de Fresnel, à préciser le postulat implicite : tout point est plus ou moins éclairé, selon qu'il y parvient plus ou moins de photons. Une loi qui permettra de retrouver les mêmes effets se rattache à deux types, tous deux accouplant tout point de la fente et un point unique de la plaque; mais le premier type lierait, à tout point de la plaque, un point et un seul de la fente (correspondance biunivoque), tandis que l'autre type associerait, à tout point de la plaque, divers points de la fente (loi simplement univoque, qui suffirait à assurer une description déterministe). Il nous a cependant paru possible de proposer une description du premier type pour les franges à l'infini. Disposant, normalement à un flux vertical de photons (d'impulsion $G = h\nu/c$), un écran opaque d'épaisseur ε (1), nous traiterons d'abord le cas de la diffraction *pure*, où il n'est percé, dans tout l'écran, qu'une seule fente de largeur $2Z$, notée également uh/G.

Nous admettons que la demi-fente Z a *pour seul effet* de dévier, d'un angle $\theta = s/u$ (nul au milieu, M), chaque photon (d'abscisse z, comptée à partir de M, ou de paramètre $x = z/Z$). En d'autres termes, le segment Z est supposé le siège d'un *champ rectiligne d'impulsions transversales* (ou d'un champ d'indices), et l'on réobtiendra les franges (brillantes et obscures), en posant, conformément aux idées classiques, qu'une distance z (à l'extrémité de laquelle les photons sont déviés d'un angle θ) est donnée par le sinus-carré intégral

$$\frac{\pi x}{2} = \int_0^s \frac{\sin^2\alpha}{\alpha^2}\,d\alpha = \int_0^{2s} \frac{\sin\alpha}{\alpha}\,d\alpha - \frac{\sin^2 s}{s} = \operatorname{Si}[2s] - \frac{\sin^2 s}{s}.$$

Or, cette fonction x présente des singularités ξ, fournies par la condition :

$$\left(\frac{dx}{ds}\right)_{x=\xi} = 0 = \frac{2}{\pi}\,\frac{\sin^2\sigma}{\sigma^2}, \qquad \text{ou} \qquad \left(\frac{ds}{dx}\right)_{s=\sigma} = \infty, \qquad \text{d'où} \qquad \xi = \frac{2}{\pi}\operatorname{Si}[2\sigma],$$

ce qui détermine les points de Z, *qui donneront les franges obscures sur la plaque*, puisque, à un très petit déplacement δz, correspond alors un énorme accroissement de la déviation θ (ou de l'impulsion transversale $\gamma = G\theta$). En ces singularités de diffraction, le gradient $d\gamma/dx$ du champ d'impulsions est infini.

L'examen de ces points singuliers nous a conduit à reprendre l'étude des

---

(1) Cette épaisseur n'intervient d'ailleurs pas (tout a lieu sur le segment rectiligne $2Z$). On sait qu'effectivement, ε est toujours très supérieur à (h/G), à ce qu'on appelle ordinairement *longueur d'onde*. De même, le coefficient u est beaucoup plus grand que l'unité.

extremums de la fonction sinus intégral, sur lesquels la littérature mathématique offre peu de renseignements, et à proposer l'équation (où k est un entier non nul) :

$$\frac{\pi}{2} - \mathrm{Si}\,[k\pi] = \frac{\cos k\pi}{k\pi}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{2}{3k+1}\right)^2\right].$$

Nous avons alors tous les éléments pour définir une correspondance biunivoque entre les franges obscures *de la plaque*, caractérisées par les déviations $\Theta = \sigma/u = k\pi/u$, et les points singuliers *de la fente*, de paramètre ξ, tel que

$$k\exp\left[\frac{1}{2}\left(\frac{2}{6k+1}\right)^2\right] = \frac{1}{\pi^2(1-\xi)}.$$

Voici, pour les six premières franges obscures de diffraction, les valeurs de ξ (obtenues par le sinus intégral) et les valeurs *calculées* de k, qui, dans la conception classique, sont les nombres entiers consécutifs :

ξ.	k.	ξ.	k.	ξ.	k.
0,9028	1,0010	0,9664	2,9998	0,9798	4,9997
0,9499	2,0001	0,9747	3,9995	0,9831	5,9996

Une double extension de l'avant-dernière formule aux valeurs non entières de k décrit le comportement des photons qui participent aux éclairements intermédiaires. Ce modèle strictement déterministe est propre, nous semble-t-il, à susciter de nouvelles expériences (non pas, bien entendu, dans le sens d'une vérification directe !); il est compatible avec cette idée naturelle que la diffraction *se localise* au voisinage des bords de la fente, ce qui n'est pas précisément le cas pour le phénomène dit d'interférence, comme nous l'indiquerons prochainement.

Remarque de M. **Louis de Broglie** *sur la Note de M.* Marcel Boll.

En présentant la Note ci-jointe de M. Marcel Boll qui sera suivie d'une autre, je tiens à préciser que je ne partage pas les opinions de l'auteur, car personnellement je suis depuis longtemps convaincu de l'impossibilité d'attribuer aux photons ou autres particules, une trajectoire dans les phénomènes d'interférences ou de diffraction et de rétablir ainsi l'ancien déterminisme mécanique. Une théorie qui attribuerait dans tous les cas une trajectoire aux photons, devrait assurer automatiquement la proportionnalité en tout point entre la densité en photons (probabilité de présence) et le carré de l'amplitude de l'onde : des difficultés insurmontables me paraissent s'opposer à la réalisation d'une telle théorie qui serait en contradiction avec le principe de décomposition spectrale de Born et avec l'ensemble de l'interprétation probabiliste de la Mécanique ondulatoire telle qu'elle s'est montrée nécessaire pour rendre compte de *l'ensemble* des faits expérimentaux. Même si l'on se limite à l'étude

des phénomènes de diffraction, la solution envisagée par M. Boll, malgré son ingéniosité, me paraît insuffisante, parce que les trajectoires qu'il attribue aux photons ne doivent pas permettre de prévoir la diffraction à distance finie.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'effet de condensation de la statistique de Bose-Einstein.* Note de M. **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

En vue de clarifier le sens du phénomène de condensation d'un gaz de Bose, nous avons repris son étude à partir de l'approximation de l'intégration, remplaçant le spectre discontinu des particules par un spectre continu. L'équation fondamentale s'écrit

$$(I)\quad \frac{N}{V}=\frac{4\pi}{h^3}\int_0^{\infty}\frac{p^2\,dp}{\exp\left(a+\frac{P^2}{2mkT}\right)}=(2\pi mkT)^{\frac{3}{2}}h^{-3}F(a),\qquad F(a)=\frac{4}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\infty}\frac{u^2\,du}{\exp(a+u^2)-1},$$

a étant positif et $F(a)$ supérieur à $F(0)$, la température

$$T_0=h^3NV^{-1}[F(0)]^{-1}(2\pi mk)^{-\frac{3}{2}}$$

joue un rôle particulier dans l'évolution du gaz à volume constant. De fait, $F(a)$, comme fonction de la variable complexe a, a pour discontinuité essentielle le demi-axe réel négatif du plan des a et quand T atteint T_0, on atteint aussi la coupure essentielle de $F(a)$. La courbe donnant les valeurs réelles de $F(a)$ nous a amené à prolonger par continuité $F(a)$ par la portion de l'axe des ordonnées au-dessus de $F(0)$, ce qui entraîne a nul pour $T < T_0$. Nous avons calculé les dérivées de a de part et d'autre de T_0. a'_T est continue; a''_{T^2} nulle pour $T < T_0$, a été trouvée être égale à

$$(2\pi)^{-1}T_0^{-2}[F(0)]^2 \qquad \text{pour } T \underset{>}{\to} T_0$$

par suite d'un calcul des parties principales en $1/a$ des intégrales intervenant dans son expression. Appliquant ce résultat à la courbe de chaleur spécifique du gaz, nous trouvions un point anguleux à $T = T_0$, mais contrairement au résultat de M. F. London [1], nous calculions des pentes de tangentes toutes deux positives. M. London [2] donnait des pentes de signes contraires. La recherche des causes de cette divergence montrait qu'elle provenait de ce que M. London employait pour représenter C_v au-dessus de T_0 un développement en série dont la convergence n'était assurée que pour T assez grand. Il n'est pas étonnant que notre calcul se plaçant d'emblée au voisinage de T_0 donne un résultat différent, mais notre méthode, plus directe nous semble plus satisfaisante.

(1) F. London, *Nature*, 141, 1938, p. 643.
(2) F. London, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 947.

Nous avons aussi étudié les isothermes du gaz. Nous avons aussi défini un volume V_0 qui joue le même rôle pour les isothermes que T_0 pour les isochores. Nous avons trouvé un palier dans ces isothermes et montrant pour ce palier l'égalité des énergies libres des particules excitées et des particules d'énergie nulle, nous concluions comme Einstein ([3]) à une condensation du gaz sur son plus bas niveau. D'autant plus que la formule (1) faisait ressortir le fait important suivant :

T_0 est la température au-dessous de laquelle le nombre maximum des particules excitées devient inférieur à N et à partir de laquelle par conséquent apparaissent obligatoirement les particules d'énergie nulle. Nous retrouverons plus bas ce sens de T_0.

Il fallait ensuite envisager le cas physique d'un spectre discontinu d'énergies propres des particules. Remarquant que les fonctions de répartition données jusqu'à ce jour étaient soit approchées, soit d'un maniement peu commode, nous nous décidions à partir directement de l'équation d'état donnée par la mécanique statistique par les deux formules

$$\exp\left(-\frac{\Psi}{kT}\right)=\sum \exp\left(-\frac{E_n}{kT}\right), \qquad P=-\frac{\partial\Psi}{\partial V}.$$

Notre recherche était orientée par les résultats de l'étude précédente, qui a mis en évidence l'importance de l'impossibilité du prolongement analytique pour la détection d'une condensation. Nous nous sommes aussi référé à un mémoire d'Uhlenbeck et Kahn ([4]), qui, dans une révision de la théorie de Mayer, insistaient sur le fait que ce n'était pas seulement parce que les séries donnant l'énergie et la pression divergeaient, qu'il y avait changement de phase dans le système; que ce n'était qu'une condition suffisante et qu'il était nécessaire, en fait, que soit atteint un point appartenant à une des coupures essentielles des fonctions énergie et pression. De plus, il nous a semblé que la notion même de phase était liée à des changements d'analycité, en faisant sur la Zustandssumme des hypothèses, valables dans le cas du gaz de Bose-Einstein idéal. Restait à étudier la Zustandssumme du point de vue analytique.

Pour les isothermes du gaz, nous ne trouvions que $V=0$ et V_∞ comme points essentiels. Pour les isochores, seulement les points $T=0$ et T_∞. Les fonctions de répartition conduisant toujours à admettre l'existence d'un nombre non nul, si petit soit-il, de particules d'énergie nulle nous obtenions la représentation suivante du gaz idéal de Bose-Einstein : c'est un mélange intime de deux phases : celle des particules excitées et celle des particules d'énergie nulle, en équilibre à toute température, le gaz se transformant en la

---

([3]) A. EINSTEIN, *Sitz. Ber. Berl. Ak.*, 3, 1925.

([4]) UHLENBECK et KAHN, *Physica*, 5, 1937, p. 399.

seconde phase quand la température s'abaisse, cette transformation étant achevée au zéro absolu.

Nous sommes loin de retrouver l'approximation de l'intégration. La raison en est que dans cette dernière un poids statistique nul était donné au plus bas niveau, ce qui n'est pas valable à très basse température.

Il était nécessaire d'interpréter la température T_λ introduite par les différents auteurs. Son sens réel nous parut résulter de la façon même dont elle était calculée. M. W. Band [5], par exemple, définit T_λ en égalant à N le nombre maximum des particules excitées et en posant a égal à zéro; au-dessous de T_λ le nombre de particules excitées est inférieur à N. Ceci nous a conduit à donner à T_λ le sens expérimental suivant :

T_λ est la limite inférieure des températures de transition mesurables par un observateur muni d'un appareil donnant le nombre de particules excitées. Car la précision limitée des appareils donnera une température finie de condensation et nous sommes en tout cas sûr que l'apparition des particules d'énergie nulle sera obligatoire au-dessous de T_λ.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les interactions des mésons de spin* o.
Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Partant de la forme matricielle de l'équation d'ondes des mésons de spin o, on introduit la forme la plus générale d'interaction directe pour ce corpuscule avec des champs extérieurs. On montre notamment que le méson de spin o peut être couplé avec un potentiel-vecteur de deux façons différentes et avec un tenseur champ électromagnétique par un moment électromagnétique propre.

Le système des équations d'ondes du méson de spin o, scalaire ou pseudoscalaire, s'écrit en l'absence d'interaction, sous la forme

$$(1)\qquad p_0\mathcal{J} + m_0c\mathcal{A}_0 = 0, \qquad p\mathcal{J} - m_0c\mathcal{A} = 0, \qquad p_0\mathcal{A}_0 + (p\mathcal{A}) + m_0c\mathcal{J} = 0$$

ou encore, sous forme matricielle, posant

$$\mathcal{A}_0,\quad \mathcal{A},\quad \mathcal{J} = \psi_0,\quad \psi_1,\quad \psi_2,\quad \psi_3,\quad \psi_4 \qquad (p = 1, 2, 3),$$

$$(2)\qquad \{p_0[e^{40} + e^{04}] + \Sigma_p p_p[e^{4p} + e^{p4}] + m_0c[e^{00} - \Sigma_p e^{pp} + e^{44}]\}\psi = 0$$

Les matrices du cinquième rang $u_\alpha = [e^{4\alpha} + e^{\alpha 4}]$, $(\alpha = 0, 1, 2, 3)$, $u_4 = e^{00} - \Sigma e^{pp} + e^{44}$, définissent un système irréductible composé de 25 matrices linéairement indépendantes se répartissant d'après leur variance relativiste en : 1° un vecteur $u_\alpha = e^{4\alpha} + e^{\alpha 4}$; 2° un tenseur antisymétrique du second ordre $u_{[\alpha\beta]} = i[e^{\alpha\beta} - e^{\beta\alpha}]$; 3° un tenseur symétrique du second ordre $u_{(\alpha\beta)} = e^{\alpha\beta} + e^{\beta\alpha}$; 4° un second vecteur $v_\alpha = i[e^{4\alpha} - e^{\alpha 4}]$; 5° un invariant $u_4 = e^{44} + e^{00} - \Sigma e^{pp}$. Un second invariant est également défini par la trace de $u_{(\alpha\beta)}$ soit $t = e^{00} - \Sigma e^{pp}$.

Dans le cas de l'interaction directe la plus générale nous remplacerons

(5) W. Band, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1937.

l'équation (2) par

$$
(3)\qquad \begin{aligned} \{ p_0 u_0 + (p.u) - g_1[u_0 A_0 - (u.A)] - g_2[v_0 B_0 - (v.B)] \\ - f_1[\Sigma_p F_{[0p]} u_{[0p]} - \Sigma_{[pq]} u_{[pq]} F_{[pq]}] \\ - f_2[T_{(00)} u_{(00)} - \Sigma_p T_{(0p)} u_{(0p)} + \Sigma_{(pq)} T_{(pq)} u_{(pq)} \\ + [m_0 c + f_0 I] u_4 + f'_0 K t \} \psi = 0, \end{aligned}
$$

(A_0, A), (B_0, B) représentent deux champs extérieurs vectoriels tels que des potentiels vecteurs électromagnétiques ou mésiques scalaires ou vectoriels, $F_{[0p]}$, $F_{[p,q]}$ un champ tensoriel antisymétrique du second ordre tel qu'un champ électromagnétique ou mésique vectoriel, $T_{(00)}$, $T_{(0p)}$, $T_{(pq)}$, un champ tensoriel symétrique du second ordre, I et K deux champs invariants.

Introduisant la connexion $g_{00} = -1$, $g_{pp} = +1$, posant $p_\alpha = i\hbar\,\partial_\alpha (\alpha = 0, 1, 2, 3)$ le système (3) s'écrit sous la forme (1) généralisée

$$
(4)\qquad \left\{ \begin{aligned} [p_\alpha + g_1 A_\alpha - i g_2 B_\alpha] \mathcal{J} - [(m_0 c + f_0 I + f'_0 K)\,\delta_{\alpha\beta} - i f_1 F_{[\alpha\beta]} + f_2 T_{(\alpha\beta)}] \mathcal{A}^\beta = 0, \\ [p_\alpha + g_1 A_\alpha + i g_2 B_\alpha] \mathcal{A}^\alpha + [m_0 c + f_0 I] \mathcal{J} = 0. \end{aligned} \right.
$$

Nous examinerons brièvement deux conséquences de l'introduction de l'interaction généralisée considérée.

a. Il existe pour le corpuscule de spin 0, deux couplages possibles avec un potentiel-vecteur (interactions en g_1 ou en g_2).

Le système (4) qui se réduit dans ce cas à

$$
(5)\qquad [p_\alpha + g_1 A_\alpha - i g_2 B_\alpha] \mathcal{J} - m_0 c \mathcal{A}_\alpha = 0, \qquad [p_\alpha + g_1 A_\alpha + i g_2 B_\alpha] \mathcal{A}^\alpha + m_0 c \mathcal{J} = 0
$$

donne immédiatement pour l'invariant $\mathcal{J}$ l'équation du second ordre

$$
(6)\qquad [(p_\alpha + g_1 A_\alpha)(p^\alpha + g_1 A^\alpha) + m_0^2 c^2 + g_2^2 B_\alpha B^\alpha + \hbar g_2 (\partial_\alpha B^\alpha)] \mathcal{J} = 0.
$$

Prenant le conjugué des équations (5), on voit que les grandeurs $\mathcal{A}_\alpha^*$, $\mathcal{J}^*$ satisfont à un système analogue à (5) mais avec g_1 changé en $-g_1$, g_2 n'étant pas modifié. Par suite le corpuscule de spin 0 présentera des états de *charge* g_1 positive ou négative, mais des états de *charge* g_2 d'un seul signe.

b. L'introduction du terme en f_1 montre la possibilité d'une action directe d'un champ électromagnétique sur le corpuscule de spin 0 non chargé (en l'absence d'interactions en g_1 ou en g_2) par l'intermédiaire du moment électromagnétique propre (opérateur $f_1 u_{[\alpha\beta]}$).

Il est plus difficile dans ce cas d'obtenir pour $\mathcal{J}$ une équation du second ordre de la forme (6). Toutefois, dans le cas simple où le champ électromagnétique $F_{[\alpha\beta]}$ est d'intensité constante et se réduit, soit à un champ purement électrique ($F_{[0p]} = E_p =$ const., $F_{[pq]} = 0$), soit à un champ purement magnétique ($F_{[0p]} = 0$, $F_{[pq]} = H_r =$ const.), un calcul simple conduit aux équations du second ordre

$$
\left\{ -p_0^2 + \left[p + \frac{f_1}{m_0 c} [E \wedge p] \right]^2 + [m_0^2 c^2 + f_1^2 E^2] \right\} \mathcal{J} = 0,
$$

$$
\left\{ -p_0^2 + \left[p + \frac{f_1}{\sqrt{m_0^2 c^2 - f_1^2 H^2}} [H \wedge p] \right]^2 + m_0^2 c^2 \right\} \mathcal{J} = 0.
$$

MAGNÉTISME. — *Traînage magnétique dans le domaine de Rayleigh.* Note (*) de M. **Jean-Claude Barbier**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'étude expérimentale de substances massives montre que la diminution de la racine carrée de l'aimantation rémanente est proportionnelle au temps écoulé depuis la suppression du champ et est indépendante de ce champ et de sa durée d'application; ces résultats s'accordent très bien avec une théorie proposée par L. Néel.

Dans un Mémoire récent [1] étendant aux substances massives la théorie du traînage des ferromagnétiques en grains fins [2], L. Néel a montré que, dans le domaine de Rayleigh, l'aimantation rémanente I_r, communiquée par un champ magnétique h à une substance ferromagnétique initialement désaimantée, était approximativement donnée par la formule

$$I_r = \frac{\beta}{2}[h + S_v(\log t - \log t')]^2, \tag{1}$$

où t désigne la durée de l'aimantation et t' l'espace de temps écoulé depuis la suppression du champ h; la constante S_v dépend notamment du volume v des discontinuités Barkhausen.

Nous avons étudié le traînage magnétique de substances très variées, en particulier des aciers à aimants, dans des domaines étendus de temps et de champ magnétique, et nous avons trouvé que la formule (1) paraît générale et donne une bonne approximation des phénomènes. Voici à titre d'exemple quelques résultats.

Si pour une même valeur t du temps d'aimantation, avec t' comme paramètre, on représente $\sqrt{I_r}$ en fonction de $\log t'$, on obtient une série de droites parallèles. Pour un alnico de 350 Oe de champ coercitif, le champ variant du 1/30 au 1/5 du champ coercitif, on a trouvé $S = 1{,}7$ Oe.

On obtient un réseau de droites analogues, en appliquant un même champ h pendant des temps t variables et en représentant $\sqrt{I_r}$ en fonction de $\log t'$, avec t comme paramètre, ou $\sqrt{I_r}$ en fonction de $\log t$ avec t' comme paramètre.

On a représenté à titre d'exemple sur la figure un tel réseau de droites pour un FeCo à 12 % de Co; l'échelle des ordonnées est arbitraire.

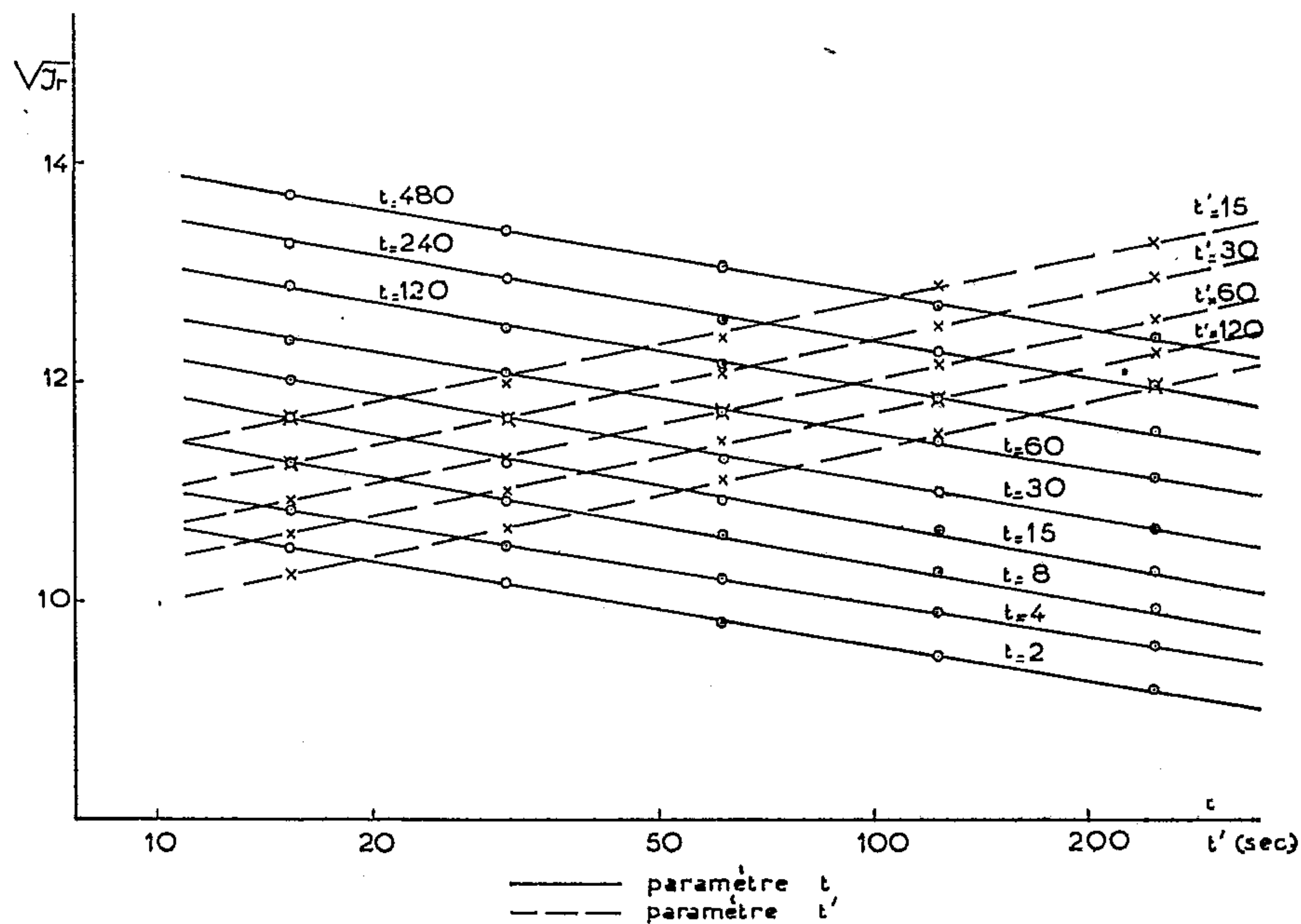
Si l'on prolonge la durée de l'expérience, on constate que les points expérimentaux s'écartent un peu d'une droite. Pour l'alnico déjà cité, pour $t' = 3{,}6.10^6$ sec, la diminution de $\sqrt{I_r}$ est inférieure de 8 % à la valeur fournie par l'extra-

(*) Séance du 6 mars 1950.

(1) L. Néel, *Journal de Physique*, **11**, 1950, p. 49.

(2) L. Néel, *Annales de Géophysique*, 5, 1949, p. 99.

polation de la droite initiale. Mais en toute rigueur, dans la formule (1), il faut considérer S_φ comme variable et prendre la moyenne relative à toutes les valeurs possibles de φ.



Désignons par S la valeur moyenne $\overline{S}_\varphi$ de S_φ et par S'^2 le carré moyen $\overline{S}_\varphi^2$. En développant (1) et en extrayant la racine carrée, on trouve alors

$$(2) \qquad \sqrt{I_r} = \sqrt{\frac{\beta}{2}}\left[h + S(\log t - \log t') + \frac{S'^2 - S^2}{2h}(\log t - \log t')^2 + \ldots\right].$$

La représentation rectiligne consiste à se limiter aux deux premiers termes du développement. Dans l'hypothèse d'une distribution rectangulaire, on trouve

$$\frac{S' - S}{S'} = 0,134,$$

le troisième terme du développement fournit alors une correction de 5 %.

La différence entre S et S′ semble donc apporter une explication plausible de l'écart signalé. En outre, la formule (2) montre que la variation de $\sqrt{I_r}$ est d'autant plus linéaire que h est plus grand : c'est bien ce que prouve l'expérience.

MAGNÉTISME. — *Quelques lois relatives au traînage magnétique.* Note de M. **Louis Lliboutry**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans les champs faibles, le traînage à la suite d'une variation du champ magnétique peut être mesuré en faisant subir à ce champ une petite variation supplémentaire de même signe. Cette variation doit avoir une certaine valeur minimum. Analyse des phénomènes à l'aide d'une théorie de Néel.

Il résulte de la théorie du traînage dans les corps ferromagnétiques soumis à des champs faibles, développée par L. Néel ([1]), les lois suivantes :

1° Si l'on place à l'instant O un ferromagnétique désaimanté dans un champ faible constant H, la variation ultérieure d'aimantation vaut à l'instant t, et au second ordre près,

$$\Delta J = 2 RHS \log t,$$

R étant la constante de Rayleigh et S une constante pour le corps considéré.

2° Si l'on supprime à l'instant O le champ H,

$$\Delta J = - RHS \log t.$$

3° Si après avoir appliqué pendant un temps t un champ H on applique pendant un temps t' un champ $H + h$ (h étant positif et très petit devant H), la variation d'aimantation entre t et $t + t'$ dépend de t,

$$\Delta J = \chi h + 2 RH (h - s \log t),$$

s étant une fonction de t, de t' et de h *qui tend vers* S *lorsque h est suffisamment grand* (mais toujours petit devant H). Rien de tel si l'on diminue légèrement H au lieu de l'augmenter.

4° Si l'on supprime à l'instant o le champ H et l'on applique à l'instant t un champ négatif $-h$ très petit devant H

$$-j = -\chi h - RH (h - s \log t),$$

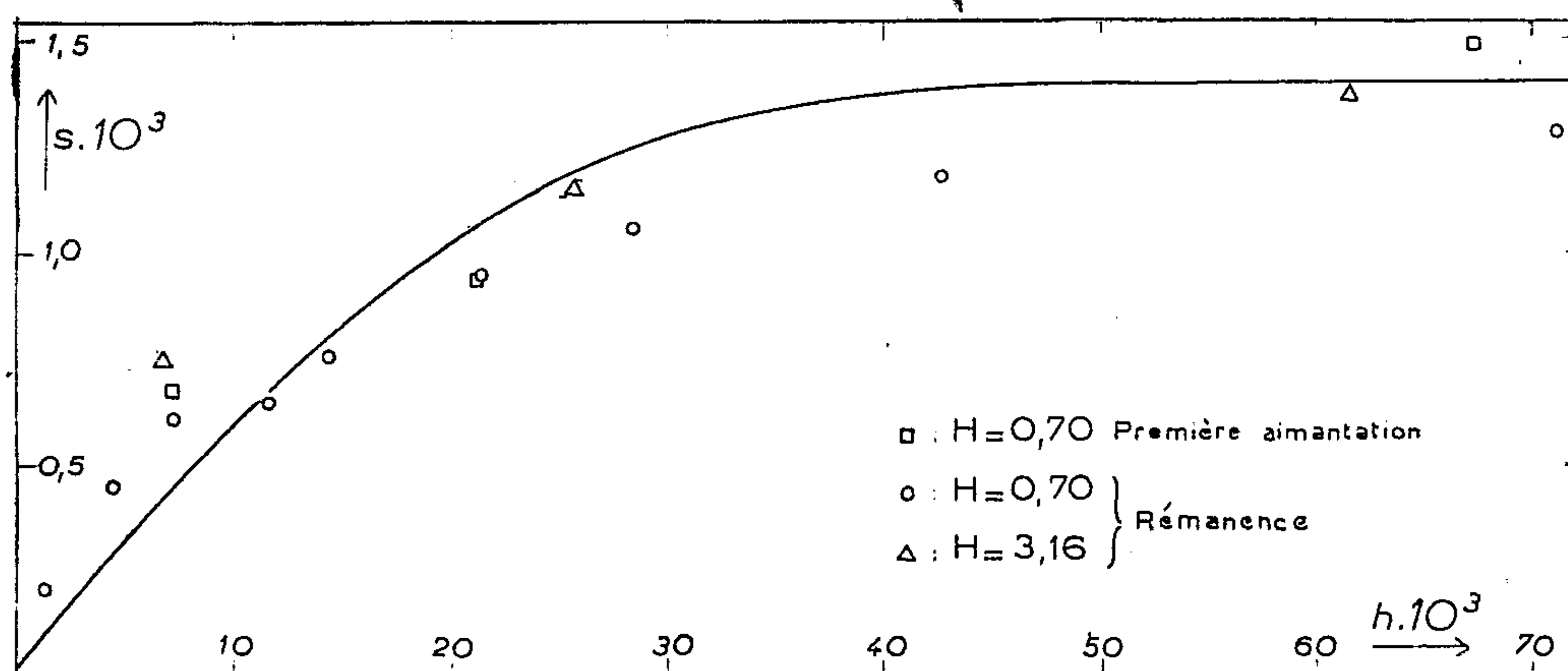
s étant la même fonction que dans 3°. Aucun effet si h est négatif.

J'ai vérifié ces lois pour un acier demi-dur du commerce ($\chi = 7{,}7$; $R = 5{,}3$; $H_c = 5{,}3$) et pour un acier extra-doux spécial pour électroaimants ($\chi = 13{,}6$; $R = 76{,}5$; $H_c = 1{,}70$), pour des champs H variant de $H_c/10$ à $H_c/2$.

Les lois 3° et 4° permettent une mesure commode de la constante S du traînage à l'aide d'un galvanomètre suramorti (t variable et de l'ordre de la minute, t' constant et de l'ordre de la seconde). On trace la courbe $s(h)$ et l'on extrapole pour h très grand. Les valeurs expérimentales sont portées sur la figure ci-jointe. $S = 1{,}4 . 10^{-3}$ gauss pour l'acier demi-dur et $S = 0{,}9 . 10^{-3}$ gauss pour l'acier extra-doux.

([1]) *J. de Physique*, 40, 1950, p. 49.

J'ai étendu la théorie de L. Néel ([1]) à une substance dans laquelle les discontinuités de Barkhausen n'ont plus un volume uniforme. Si $C(v)\,dv$ est le volume



total des discontinuités de volume individuel compris entre v et $v+dv$, on trouve

$$s(h)=\int_0^\infty \frac{S'(v)\,C(v)\,dv}{1+\frac{t}{t'}e^{-\frac{h}{S'(v)}}},$$

$S'(v)$ est une fonction qui selon L. Néel a pour des grains fins ([2]) la forme

$$S'(v)=\beta v^{-1} \qquad \text{(Hypothèse 1)},$$

et pour une substance massive ([1]), où le mécanisme du traînage est différent

$$S'(v)=\beta' v^{-\frac{1}{2}} \qquad \left(\text{Hypothèse } \frac{1}{2}\right);$$

β et β' sont en outre des fonctions de la température. A la température ambiante ordinaire

$$\beta \approx 0{,}23.10^{-16}, \qquad \beta' \approx 6{,}5.10^{-8},$$

Notre méconnaissance de la fonction $C(v)$ ne permet pas de trancher entre ces deux hypothèses. Les résultats expérimentaux de Bush et Tebble ([3]), entre 10^{-9} et $5.10^{-9}\,\text{cm}^3$, sont convenablement représentés par la fonction suivante, plus simple que celle qu'ils proposent

$$C(v)=Bv^{-1}.$$

En admettant que $C(v)$ soit représenté par cette formule dans l'intervalle

([2]) L. Néel, *Ann. géophys.*, 5, 1949, p. 99.
([3]) H. Bush et R. Tebble : *Proc. Phys. Soc.*, 60, 1948, p. 370.

$v_0 < v < v_1$ et soit nul en dehors, on obtient dans les hypothèses (1) ou (1/2)

$$s(h) = \frac{h}{S'(v_0)} \int_{\frac{h}{S'(v_0)}}^{\infty} \frac{u^{-2}\,du}{1 + \frac{t}{t'} e^{-u}} \int_{v_0}^{v_1} S'(v)\,C(v)\,dv.$$

On retrouve l'allure de la courbe expérimentale en prenant

$$S'(v_0) = 6{,}8.10^{-3},$$

ce qui donne pour v_0 $3{,}4.10^{-15}\,\text{cm}^3$ dans l'hypothèse 1 et $10^{-10}\,\text{cm}^3$ dans l'hypothèse 1/2. Le second résultat paraît le plus plausible si l'on admet que le volume limite v_0 est de l'ordre de grandeur du produit de la section d'un domaine de Weiss par l'épaisseur d'une paroi de Bloch.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Le lieu géométrique du coefficient de réflexion d'ondes électromagnétiques dû à une discontinuité du gradient de la constante diélectrique dans le cas de gradient faible.* Note (*) de M. **Gottfried Eckart**, présentée par M. Louis de Broglie.

Soient les deux milieux purement diélectriques séparés par un plan $z = 0$; la constante du milieu 1 est ε_1, la constante diélectrique au milieu 2 est donnée par

(1) $$\varepsilon_2 = \alpha z + \varepsilon_1, \qquad \alpha \gtrless 0 \qquad (\textit{fig. } 1).$$

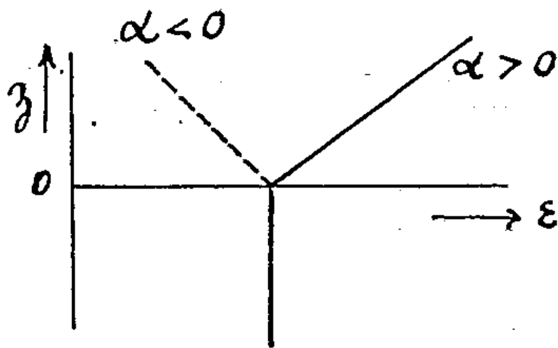


Fig 1.

Soit une onde électromagnétique plane incidente de bas en haut sous l'angle γ avec l'axe z. Il y a deux polarisations :

1° E dans le plan d'incidence, H perpendiculaire à ce plan;

2° H dans le plan d'incidence, E perpendiculaire à ce plan.

Définissons d'abord dans le cas 1° :

(2) $$r_1 = \frac{H_{\text{réf.}}}{H_{\text{inc.}}};$$

(*) Séance du 6 mars 1950.

dans le cas 2° :

(3) $$r_2 = \frac{E_{\text{réf.}}}{E_{\text{inc.}}}$$

Résolvons alors l'équation d'ondes dans le milieu supérieur par un développement selon les puissances de α, comme l'a fait l'auteur [1], nous obtenons en nous restreignant aux termes d'ordre α

(4) $$r_1 = \frac{1}{\dfrac{-8j\omega\sqrt{\varepsilon_0\mu_0\mu\varepsilon_1^3}\cos^3\gamma}{\alpha} - 1},$$

(5) $$r_2 = \frac{1}{\dfrac{8j\omega\sqrt{\varepsilon_0\mu_0\mu\varepsilon_1^3}\cos^3\gamma}{\alpha\cos 2\gamma} - 1}.$$

Il est alors facile de voir que le lieu géométrique de r_1 (*fig.* 2) dans son plan complexe en fonction de $\omega\cos^3\gamma/\alpha$ est un cercle du rayon $1/2$ dont le centre est situé au point $-1/2$ de l'axe réel. Si $\alpha > 0$, nous avons à choisir le demi-cercle supérieur, si $\alpha < 0$ le demi-cercle inférieur; pour $\gamma = \pi/2$ (incidence rasante) $r_1 = -1$; l'échelle de r_1 sur ce cercle en fonction de ω, γ, α est donnée par l'équation (4) et l'on voit que la réflexion diminuera de plus en plus avec un angle d'incidence décroissant, et cela d'autant plus que ω/α est plus *grand*, ce qui veut dire que la réflexion des ondes courtes sera plus faible que celles des ondes longues.

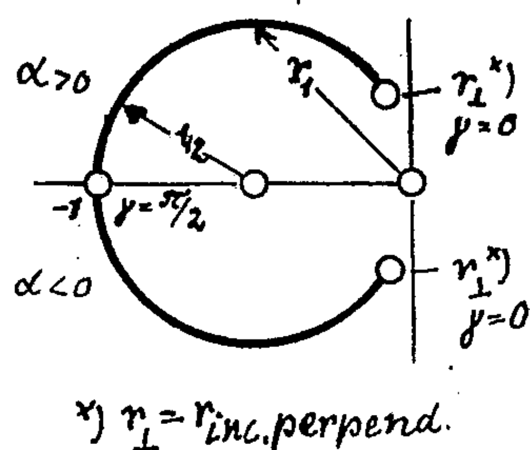


Fig. 2.

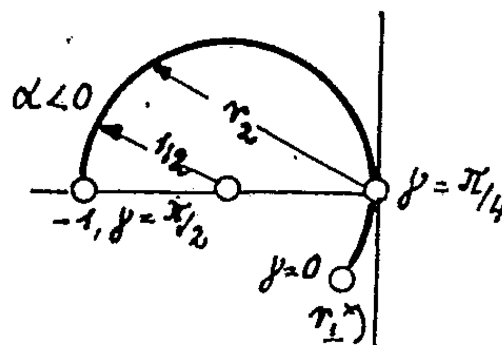


Fig. 3.

Le lieu géométrique de r_2 est le même cercle, mais il y a une différence par rapport à r_1. La figure 3 ne donne que le cas de $\alpha < 0$. Le cas correspond à la figure symétrique par rapport à l'axe réel.

L'incidence rasante fait ressortir $r_2 = -1$; pour $\gamma = \pi/4$ nous avons $r_2 = 0$, ce qui correspond à l'angle de Brewster. Le point $\gamma = 0$, $r_\perp$ (*) se trouve sur le demi-cercle inférieur. A l'égard de l'échelle en fonction de ω, α, γ sur le cercle, on voit aussi la prépondérance des ondes longues.

---

[1] *Ann. de Téléc.*, mai et juin 1940 [dans le dernier travail il faut appliquer une petite correction aux formules (122), (123)].

(*) $r_\perp$, $r_{\text{incid. perpendiculaire}}$.

ÉLECTRONIQUE. — *Le magnétron plan en régime statique de charge d'espace.* Note (*) de MM. **Jean-Loup Delcroix** et **Georges-Albert Boutry**, présentée par M. René Barthélemy.

On rappelle les équations permettant d'étudier le régime de charge d'espace quand le potentiel d'anode est supérieur au potentiel de coupure. Quand il y a coupure l'étude de la charge d'espace se déduit du cas précédent. Il n'y a aucune discontinuité dans la distribution de potentiel au moment de la coupure. Les trajectoires électroniques sont dans les deux cas des arcs d'une même courbe géométrique.

Dans un magnétron à électrodes planes (1), l'axe Oy étant normal à celles-ci et le champ magnétique H parallèle à Oz, chaque électron de charge e et de masse m satisfait aux équations dynamiques

$$(1) \qquad v_x = \omega y,$$

$$(2) \qquad v_y^2 = \frac{2e}{m}V - \omega^2 y^2,$$

avec

$$(3) \qquad \omega = \frac{eH}{m} \quad \text{(u. e. m.)}$$

(V, potentiel électrique). L'équation (2) fournit la relation fondamentale

$$(4) \qquad 2\frac{e}{m}V \geqq \omega^2 y^2$$

dite condition de coupure. Pour écrire l'équation de conservation de l'électricité, il faut analyser le flux électronique; pour cela, extrayons la racine carrée dans (2); un double signe peut apparaître. Or, pour chaque électron, v_y ne peut changer de signe qu'après s'être annulé; d'où les deux cas possibles.

a. Si la relation (4) est réalisée sur l'anode, v_y restera toujours positif; les électrons vont jusqu'à l'anode; on peut dire que la charge d'espace est *monodromique;* v_y est une fonction de point bien déterminée.

b. Si la relation (4) n'est pas réalisée sur l'anode, elle devient une égalité pour $y = D < d$; v_y d'abord positif, s'annule, puis devient négatif. La charge d'espace en un point quelconque est faite de deux catégories d'électrons; ceux qui viennent de la cathode et ceux qui y retournent. On peut dire qu'elle est *bidromique;* v_y est une fonction de point à deux déterminations opposées.

Charges d'espace monodromiques (il n'y a pas coupure). — Les équations de base sont

$$(1) \qquad \rho v y = j\,\frac{d^2V}{dy^2} = \frac{4\pi\rho}{\varepsilon_0}, \qquad v y = +\sqrt{\frac{2e}{m}V - \omega^2 y^2},$$

(*) Séance du 6 mars 1950.

(1) Bethenod, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 832; Moullin, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 36, 1940, p. 94; Page et Adams, *Phys. Rev.* 69, 1946, p. 492.

(ρ densité de charge d'espace; j densité de courant). On les ramène à une forme réduite en posant avec Page et Adams

$$\Phi = \frac{2e}{m}V \quad \text{(potentiel réduit)}, \tag{5}$$

$$J = \frac{4\pi}{\varepsilon_0}\frac{e}{m}j \tag{6}$$

$$\Phi - \omega^2 y^2 = \frac{4J^2}{\omega^4}\sin^4\theta, \tag{7}$$

$$y = \frac{J}{\omega^3}\xi. \tag{8}$$

L'équation différentielle ξ et θ s'intègre pour donner

$$\xi = 2\theta - \sin 2\theta. \tag{9}$$

Les formules (5) à (9) permettent de déterminer j, $V(y)$ et $\rho(y)$ si l'on se donne H et le potentiel d'anode V_a.

Charges d'espace bidromiques (*il y a coupure*). — Les équations de base sont

$$\left\{\begin{array}{lll} \dfrac{d^2V}{dy^2} = \dfrac{4\pi}{\varepsilon_0}(\rho' + \rho''), & \rho' = \rho'', & j' = -j'', \\ \rho' v'_y = j', & v'_y = +\sqrt{\dfrac{2e}{m}V - \omega^2 y^2}, & v'_x = \omega y, \\ \rho'' v''_y = j'', & v''_y = -\sqrt{\dfrac{2e}{m}V - \omega^2 y^2}, & v''_x = \omega y. \end{array}\right. \tag{10}$$

Les *primes* désignent les électrons à l'aller, les *secondes* au retour. Le premier groupe de variables, par exemple, satisfait à un système d'équations identique au système (1), à cela près que l'équation de Poisson s'y écrit

$$\frac{d^2V}{dy^2} = \frac{8\pi\rho'}{\varepsilon_0}. \tag{9}$$

Tout s'y passe comme si dans (1) on avait divisé ε_0 par deux. Les solutions bidromiques se déduisent donc des solutions monodromiques. En poursuivant le calcul on obtient les résultats suivants : au moment où, le potentiel passant par la valeur critique, la coupure se produit, le nombre des électrons émis est divisé par deux. La distribution de potentiel et la densité de charge d'espace ne subissent aucune discontinuité : deux fois moins d'électrons émis créent la même densité à cause de l'aller et du retour qu'ils font. Si ensuite on diminue V_a de la valeur critique jusqu'à zéro, le plan de coupure tend progressivement vers celui de la cathode suivant la loi

$$V_a = \frac{m\omega^2 D}{2e}(2d - D).$$

Sur le plan de coupure la densité électrique est infinie d'après (1). Cette difficulté disparaît et la coupure apparaît comme progressive si l'on tient compte des vitesses initiales des électrons.

Trajectoires électroniques. — Ce sont des courbes d'allure cycloïdales d'équations

$$(11) \qquad x = \frac{J}{\omega^3}(2\theta^2 + \cos 2\theta - 1), \qquad y = \frac{J}{\omega^3}(2\theta - \sin 2\theta).$$

Les arceaux en sont deux fois plus allongés que ceux des cycloïdes vraies que l'on aurait en régime de saturation; dans les cas de monodromie, les trajectoires sont les mêmes, mais s'arrêtent au point de paramètre θ_a où se trouve l'anode.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Théorie d'un nouveau spectrographe β à isolement focal.* Note (*) de M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note récente ([1]) K. Siegbahn et H. Slätis ont proposé une disposition nouvelle du spectrograghe β, où le champ a la même répartition que dans leur premier appareil ([2]), mais où le diaphragme annulaire, sélecteur d'énergie, est placé dans le plan de symétrie et non plus à l'extrémité réceptrice. Je vais montrer qu'il n'y a pas là un cas de focalisation essentiellement nouveau, mais qu'au contraire, la première moitié du spectrographe agit comme un appareil à bobine courte ordinaire, où l'image de Gauss de la source serait rejetée à l'infini; dans ce cas, l'anneau ordinaire de focalisation reste cependant à distance finie, et c'est cette position particulière qui fait l'originalité du nouvel instrument.

De plus, la deuxième moitié de l'appareil, située après l'anneau de focalisation, constitue une deuxième lentille exactement symétrique de la première; par raison de symétrie, elle réunit alors à nouveau les rayons sur l'axe en un point S″, image de la source S qui est bonne puisque les défauts du troisième ordre des deux moitiés de la lentille totale, se compensent par symétrie; l'image S″ permet donc de réaliser, si l'on veut, une deuxième sélection en y déposant un écran percé d'un trou de surface égale à celle de la source. Le spectrographe ainsi constitué est donc l'équivalent de deux spectrographes à lentilles minces placés en série, disposition analogue à celle que l'on rencontre pour les rayons X avec les spectrographes à double cristal. Il en résulte que ses caractéristiques sont les mêmes que celles de chacune de ses moitiés, et que la théorie que nous avons donnée dans des Notes précédentes en donne l'évaluation moyennant le passage à la limite suivant :

1. Dans le cas présent, le terme correctif du troisième ordre dans la formule de Lagrange-Helmoltz joue un rôle important. Sa valeur indiquée

(*) Séance du 27 février 1950.

([1]) *Physical Rev.*, 75, 15 juin 1949, p. 1955.

([2]) *Philosophical Magazine*, 37, 1946, p. 162-183.

par Glaser ([3]) est inexacte; on peut la corriger facilement en s'aidant de formules établies par Born ([4]); on trouve

$$\operatorname{tg}\Theta = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{G} + \left(\frac{C_s}{gM_0} - \frac{F}{G}\right)\alpha^3,$$

α et Θ étant les angles du rayon avec l'axe à l'objet et à l'image, g le grossissement gaussien attaché au plan de la pupille d'entrée, M_0 la distance du point objet à la pupille d'entrée, G le grossissement attaché au point de l'objet considéré, C_s le coefficient d'aberration sphérique ramené à l'objet, F le coefficient de coma.

Lorsque l'objet approche du foyer, G tend vers l'infini, gM_0 tend vers $1/f_i$, f_i distance focale image de la lentille et la formule précédente s'écrit

$$\operatorname{tg}\Theta = \frac{C_s}{f_i}\alpha^3 + \left(\frac{\operatorname{tg}\alpha - F\alpha^3}{G}\right).$$

2. Les formules que nous avions données précédemment pour la position de l'anneau de focalisation et son rayon, montrent alors que l'anneau reste à distance finie, si l'on remarque que l'image gaussienne s'éloigne à l'infini, avec Gf_i. On trouve alors

$$F'P = \frac{f_i^2}{C_s\alpha^2}(1 - F\alpha^2),$$

$$R = \frac{2}{3}f_i\alpha, \quad F'Q = \frac{f_i^2}{3C_s\alpha^2}(1 - 3F\alpha)^2,$$

P étant le point où le rayon issu du foyer objet sous l'angle α, coupe l'axe dans l'espace image F'Q étant la distance de l'anneau au foyer image de la lentille formée par la première moitié du spectrographe. On trouve bien que l'anneau est au milieu du spectrographe pour $\alpha = 44°$, et le diamètre qui en résulte est en accord avec le dessin des auteurs suédois ([1]).

3. Le pouvoir séparateur reste donné par la formule des Notes précédentes ([3]), ([5]); pour des valeurs correspondantes du paramètre K; il est égal à celui de la première moitié de l'appareil. En particulier le pouvoir mesuré par les auteurs suédois ([1]) P = 25 pour une transmission de 8 %, est conforme à notre formule pour K^2 compris entre 3 et 5.

Le tableau suivant résume les caractéristiques de ce genre de spectrographe : le dispositif cesse de fonctionner brutalement pour $K^2 = 0,5$ lorsque l'on se rapproche du champ uniforme; les données suédoises sont correctement représentées pour K^2 compris entre 3 et 5.

([3]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 196-198.

([4]) H. Born, *Optique*, équations (81), p. 203.

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 936.

K^2	0,8.	1.	2.	3.	4.	5
$\alpha(d^\circ)$	46°30′	43°	42°25′	43°30′	43°33′	44°41′
$\frac{R}{L}$	0,124	0,114	0,113	0,137	0,155	0,22
$\frac{P_0}{P}$	1	1,05	1,73	2	2,16	2,24

OPTIQUE. — *Dispositif à contraste de phase indépendant du microscope et utilisant une lame de phase à absorption variable.* Note (*) de MM. **Maurice Françon** et **Georges Nomarski**, présentée par M. Bernard Lyot.

Dans une précédente Note (1), l'un de nous a donné le principe d'un dispositif permettant de transformer un microscope ordinaire en microscope à contraste de phase.

Dans la précédente Note nous décrivons une lame de phase d'un type nouveau pouvant être associée au dispositif dont nous venons de parler et qui permet de faire varier l'absorption du faisceau d'éclairage dans de larges limites et d'une façon continue au cours de l'observation. La demi-boule de verre AB est coupée à la moitié de son rayon par le plan CD. La partie CD appartenant à la moitié supérieure est recouverte de trisulfure d'antimoine, sauf sur un anneau EFE′F′ qui est recouvert de cryolithe. Si n est l'indice de la lame de trisulfure d'antimoine et e son épaisseur, on s'arrange pour que l'on ait

$$n e = \frac{\lambda}{4}.$$

Dans le cas présent on peut négliger les variations d'épaisseur optique de cette lame avec l'incidence, car l'indice du trisulfure d'antimoine est très élevé ($n=2,8$). La couche annulaire de cryolithe d'indice n' et d'épaisseur e travaille sous une incidence $i'=42^\circ$ correspondant à un angle de réfraction r dans la lame tel que

$$n' e' \cos r = \frac{\lambda}{4}.$$

On forme l'image de la source annulaire sur l'anneau de cryolithe EFE′F′, la lumière diffractée recouvrant tout le plan CD. Si ν est l'indice de la demi-boule de verre, entre un rayon de lumière directe qui traverse l'anneau de cryolithe et un rayon de lumière diffractée qui traverse la couche de trisulfure

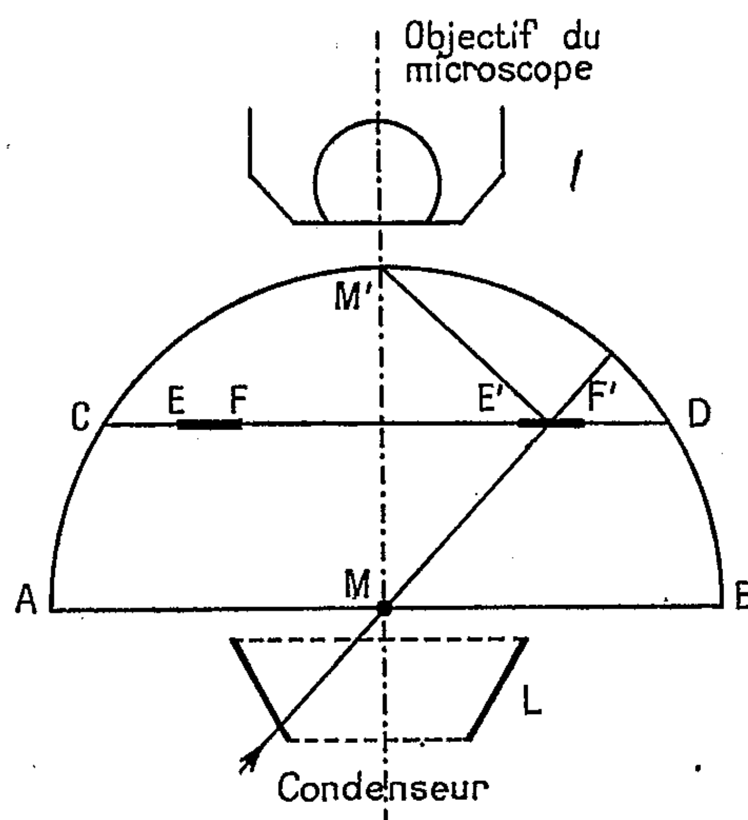
(*) Séance du 27 février 1950.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 183-185.

d'antimoine sous l'incidence i, on a le déphasage Φ,

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}(\nu e \cos i - \nu e' \cos i').$$

Dans les conditions précédentes Φ varie entre $\pi/2$ et $\pi/2,7$, c'est-à-dire reste toujours très voisin du déphasage requis de $\pi/2$. Notons qu'il n'y a pas de déphasage par réflexion (à π près). On obtient ainsi en M' une image en contraste de phase. Or l'incidence $i' = 42°$ correspond à l'incidence brewsté-



rienne sur la lame de cryolithe. Si la lumière incidente traverse d'abord un polaroïd, puis une lame demi-onde tronconique L (angle au sommet 60°) tout se passe comme si l'on avait sur l'anneau EFE'F' une infinité de vibrations rectilignes faisant toutes un angle constant avec le plan d'incidence correspondant. En faisant tourner soit le polaroïd, soit la lame demi-onde, il est possible de faire varier l'intensité du faisceau direct arrivant en M' de zéro jusqu'à sa valeur maximum prévue par les lois de Fresnel. La lame demi-onde peut être facilement introduite une fois pour toutes dans le condenseur du microscope. Elle ne gênera nullement pour l'observation en fond clair normal.

Il existe des systèmes équivalents au système polaroïd-lame demi-onde tronconique. On peut concevoir un appareil d'éclairage tel que la lumière subisse d'abord la réflexion brewstérienne (faisceau en cône creux) et traverse ensuite deux lames demi-ondes planes. Il suffit de faire varier l'orientation relative des axes de ces lames de 0°-45° pour obtenir une variation d'absorption de la lame de phase dans les mêmes limites qu'avec l'appareil décrit plus haut.

OPTIQUE. — *Sur un système de franges de diffraction contrastées.* Note de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Jean Cabannes.

On étudie le système de franges de diffraction obtenu en créant une opposition de phase entre les vibrations lumineuses d'un plan d'onde de part et d'autre d'une droite. Ce décalage de phase est produit expérimentalement à l'aide de deux lames demi-onde juxtaposées, dont les lignes neutres sont croisées. Le système de franges obtenu est symétrique par rapport à une frange centrale noire.

Dans une conférence faite à la Société française de Physique en octobre 1946, F. Zernike (1) a montré qu'on peut modifier des franges d'interférence ou de diffraction par addition d'un fond cohérent de vibrations. Parmi les exemples cités figurait la modification subie par les franges d'un bord d'écran rectiligne lorsqu'on rend l'écran semi-transparent. On fait ainsi apparaître des franges du côté ombre.

Voici un autre dispositif qui donne des franges apparentées à celles du demi-plan, dont les maxima et minima ont les mêmes positions, mais dont la répartition d'intensité est différente. Ce dispositif consiste à diviser en deux parties un plan d'onde, en conservant intégralement les amplitudes des vibrations de part et d'autre d'une droite, mais en créant une opposition de phase entre elles. Ce décalage de phase peut être réalisé simplement à l'aide de deux lames demi-ondes placées côte à côte avec leurs lignes neutres correspondantes orthogonales. Une telle bilame demi-onde donne d'une vibration incidente, de part et d'autre de la ligne de séparation, des vibrations de même direction, mais de sens opposés. Cette propriété est indépendante de l'orientation de la vibration incidente, on peut donc utiliser des vibrations lumineuses naturelles.

L'examen de la spirale de Cornu permet de rendre compte des particularités de ces nouvelles franges. On sait que l'amplitude et la phase de la vibration résultante diffractée par un bord d'écran rectiligne peuvent être représentées par le vecteur qui relie l'un des points asymptotiques de la spirale de Cornu au point courant de cette spirale. On montre aisément que la vibration résultante diffractée par une bilame demi-onde est représentée par le double du vecteur qui relie le centre de symétrie de la spirale à son point courant. Il en résulte immédiatement que le nouveau système de franges est symétrique par rapport à une frange centrale complètement noire en son milieu, que les franges sont à la même place que celles de l'un et l'autre demi-plan, mais qu'elles sont beaucoup plus contrastées. Le tableau qui suit permet de comparer les intensités des premiers maxima et minima des deux systèmes de franges, l'intensité limite étant choisie comme unité.

(1) *Revue d'Optique*, 27, 1948, p. 713.

	1er max.	1er min.	2e max.	2e min.	3e max.	3e min.
Franges du demi-plan..............	1,37	0,78	1,20	0,84	1,15	0,87
Franges de la bilame demi-onde.....	1,87	0,58	1,44	0,70	1,32	0,74

La figure 1 montre, rapportées à la même échelle, les courbes théoriques d'intensité des franges du demi-plan (courbe en trait plein) et des franges de la

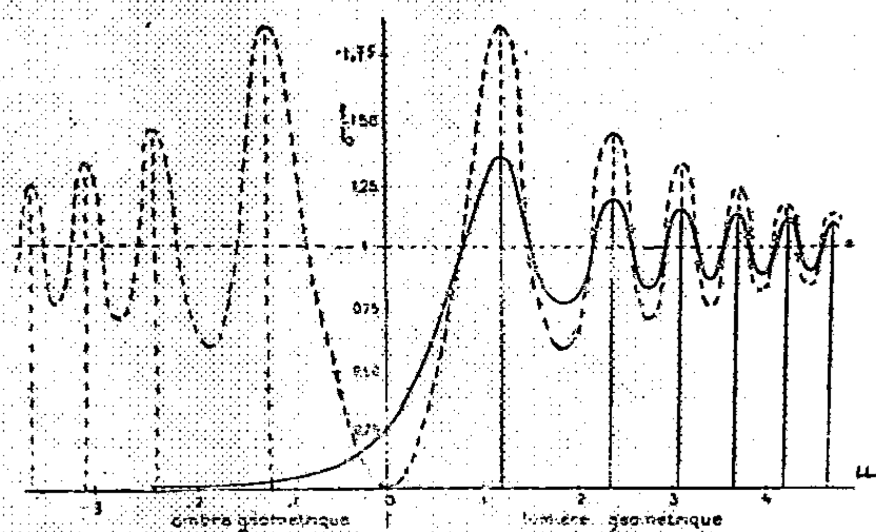


Fig. 1.

bilame demi-onde (courbe en pointillé). La figure 2 donne une reproduction photographique (épreuve positive) des franges obtenues expérimentalement

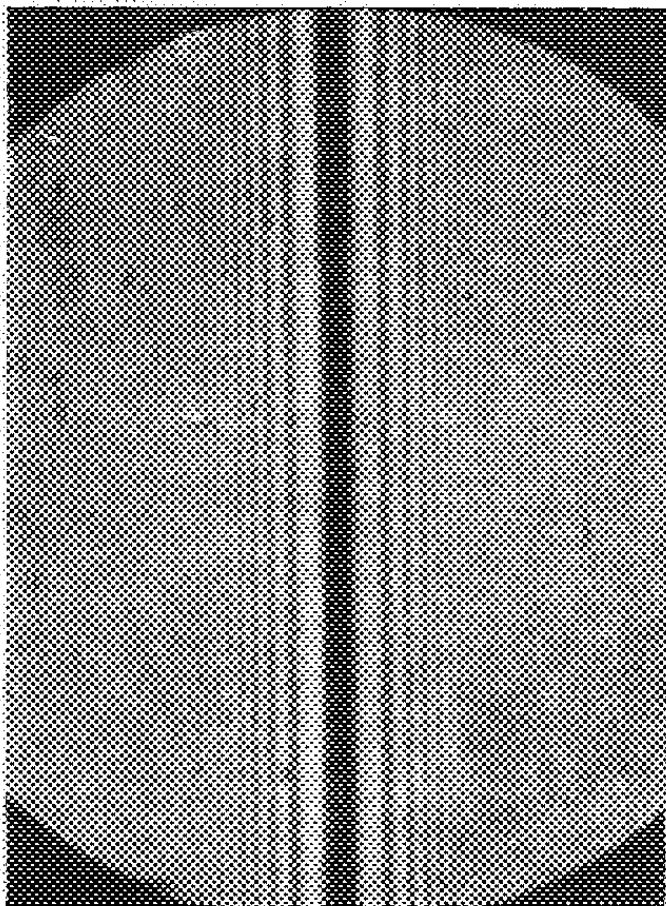


Fig. 2.

avec une bilame de quartz, demi-onde pour le jaune. La photographie a été prise en lumière monochromatique (raie D d'une lampe à sodium). Une bilame demi-onde pour le vert, en matière plastique (film demi-onde artificiel de la

Polaroïd Corporation) a donné des résultats analogues, éclairée avec la raie verte du mercure.

Signalons que l'emploi d'une bilame demi-onde, dont les lignes neutres des deux moitiés, sont à 45° précédée d'un polariseur et suivie d'un analyseur, permet de réaliser d'une manière continue, par simple rotation de l'analyseur, le passage de l'éclairement uniforme du champ d'observation aux franges de l'un ou de l'autre demi-plan et aux franges symétriques contrastées.

Les lames demi-ondes à lignes neutres croisées sont susceptibles d'applications variées. C'est ainsi qu'un réseau zoné formé de bandes demi-ondes successives croisées donne aux points de concentration de lumière une intensité quadruple de celle fournie par le réseau zoné à bandes alternativement transparentes et opaques. L'application la plus utile des lames demi-ondes croisées nous paraît être la réalisation de l'inversion de signe de l'amplitude lumineuse entre les zones d'un système apodiseur d'image.

Une étude plus détaillée des franges décrites paraîtra dans la *Revue d'Optique*.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres de Raman de monocristaux de fluorure acide de potassium.* Note de M. Jean-Paul Mathieu et Mme Lucienne Couture-Mathieu, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre de Raman de F_2HK comprend un doublet dérivé par couplage de la vibration totalement symétrique de l'ion FHF et situé à 600 cm^{-1}, et deux raies de basse fréquence. Discussion et critique de l'attribution des trois fréquences fondamentales de l'ion FHF.

Nous avons complété les données fournies dans une Note précédente (1) sur le spectre de Raman du composé F_2HK cristallisé, en faisant varier l'orientation du cristal dans le montage. Les cristaux de ce composé (groupe D_{4h}^{18}, $I4/mcm$) ne se laissent pas tailler et polir sans se cliver suivant le plan (001). Nous avons dû étudier les échantillons bruts, en les immergeant dans l'alcool méthylique anhydre, dont l'indice de réfraction est voisin du leur. Nous avons étudié la polarisation des raies de Raman pour des cristaux ayant suivant les axes du montage transversal, soit les axes X′Y′Z définis par Groth (2), soit un système d'axes XYZ tourné de 45° autour de OZ par rapport au précédent (3), les directions X et Y étant parallèles à celles des deux ions FHF de la maille.

Les tableaux d'intensités relatifs au doublet 595-604 cm^{-1}, sont les suivants :

(1) L. Couture et J.-P. Mathieu, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 555.

(2) *Chemische Kristallographie*, Leipzig, 1906, p. 312.

(3) L. Couture et J.-P. Mathieu, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 902.

Raie 595.		Raie 604.	
Axes XYZ.	Axes X′Y′Z′.	Axes XYZ.	Axes X′Y′Z′.
$\begin{vmatrix} m & o & o \\ o & m & o \\ o & o & tf \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} m & o & o \\ o & m & o \\ o & o & tf \end{vmatrix}$,	$\begin{vmatrix} m & o & o \\ o & m & o \\ o & o & o \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} o & m & o \\ m & o & o \\ o & o & o \end{vmatrix}$.

Il en résulte que la raie 595 est du type A_{1g}, la raie 604 du type B_{1g} (dans les axes XYZ). C'est le résultat que l'on prévoit, en admettant que ces raies sont issues de la vibration totalement symétrique ν_1 de l'ion linéaire FHF. A cette vibration rapportée aux axes de l'ion, correspondrait le tenseur $\begin{vmatrix} a & & \\ & a & \\ & & c \end{vmatrix}$; par couplage entre les deux ions de la maille, on doit avoir dans le cristal deux vibrations auxquelles correspondent les types et les tenseurs suivants (dans les axes XYZ),

$$A_{1g}\begin{vmatrix} c+a & & \\ & c+a & \\ & & 2a \end{vmatrix}, \quad B_{1g}\begin{vmatrix} c-a & & \\ & c-a & \\ & & 0 \end{vmatrix}.$$

On en déduit des tableaux d'intensités en bon accord avec les résultats donnés plus haut; cela permet de fixer l'ordre de grandeur de c/a, qui représente le rapport des variations de la polarisabilité de l'ion FHF suivant son axe et suivant la direction perpendiculaire, dans sa vibration totalement symétrique. On trouve $[(c+a)/c-a)]^2 \sim 2$, d'où $|c/a| \sim 6$.

Le dédoublement observé est donc dû à un couplage, et non à l'existence d'un double minimum du potentiel du proton dans l'ion FHF. Si un tel dédoublement existe en outre, il ne doit pas dépasser 5 cm^{-1}, car telle est la demi-largeur des raies précédentes.

Nous n'avons pas observé avec certitude de raies de fréquence supérieure aux précédentes. Il semble que les vibrations ν_2 et ν_3 n'apparaissent pas dans le spectre de Raman. Cependant, des raies ou des bandes faibles ont pu nous échapper dans le fond continu important des spectres. Nos expériences ne permettent donc pas d'affirmer que l'ion FHF a la symétrie $D_{\infty h}$ et non la symétrie $C_{\infty v}$.

Les valeurs des fréquences ν_2 et ν_3, que l'absorption infrarouge doit permettre de déterminer, ne sont pas bien connues. Ketelaar (4) attribue à la vibration de valence ν_3 deux bandes de fréquences 1222 et 1450 cm^{-1}, si fortes qu'elles sont vraisemblablement fondamentales; ce dédoublement serait dû à un double minimum dans le potentiel de l'ion FHF. Cette attribution, conciliable avec la symétrie du cristal, a rencontré des objections d'ordre expérimental,

---

(4) J. A. A. KETELAAR, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 60, 1941, p. 523.

concernant la chaleur spécifique ([5]), la polarisabilité électrique et la substitution de D á H ([6]). Halverson ([7]) pense que la fréquence ν_3 devrait être située vers 3900 cm^{-1}, voisine de celle de la molécule FH; mais les bandes d'absorption que l'on trouve dans cette région sont vingt fois plus faibles que les bandes de Ketelaar. Ces dernières sont attribuées par Halverson à la vibration de déformation ν_2, le dédoublement étant le résultat du couplage. Mais cette interprétation est incorrecte, la vibration ν_2, de type E_u dans l'ion, donnant dans le cristal une vibration $A_{2u}(M \parallel)$ et une $E_u(M \perp)$; seule la seconde a pu apparaître dans le spectre des cristaux perpendiculaires à l'axe étudiés par Ketelaar. Reste l'interprétation proposée par Pitzer et Westrum ([5]) : $\nu_3 = 1450$ cm^{-1}, $\nu_2 = 1220$ cm^{-1}; elle n'est en contradiction avec aucune des données expérimentales; la proximité des deux fréquences de valence et de déformation est cependant insolite. Un spectre de réflexion infrarouge polarisé sur une face parallèle à l'axe devrait permettre de choisir entre cette hypothèse et celle de Ketelaar, la vibration ν_3 donnant une bande d'absorption $M_\perp$.

En ce qui concerne le spectre de basse fréquence, on prévoit trois fréquences actives : deux librations des ions FHF (types E_g et B_{2g}), une vibration des ions K (type E_g). Nous avons trouvé deux raies; l'une à 136 cm^{-1}, est de type A_{1g} (avec ε_{zz} très faible) ou B_{2g}; l'autre à 100 cm^{-1}, est de type E_g. Nous n'avons pu confirmer l'existence de la raie à 90 cm^{-1} signalée en ([1]).

RADIOACTIVITÉ. — *Rayonnement de conversion intense de* U_{II}.
Note (*) de M. **Jean Teillac**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Macklin et Knight ont montré ([1]) qu'un rayonnement X intense (0,3 à 2 photons par désintégration) était associé à ^{234}U. L'énergie de la composante principale de ce rayonnement étant de 15,0 ± 0,5 keV, celui-ci est assimilable à un rayonnement L du thorium ou de l'uranium. Par contre, aucun rayonnement γ n'a pu être mis en évidence; ceci a conduit les auteurs à interpréter ce rayonnement L comme étant dû au réarrangement des électrons dans l'atome de recul après l'émission α. Or, si ce phénomène existe, il est certainement faible puisque, dans le cas du polonium, le rayonnement L est difficilement décelable, comme l'ont montré I. Curie et F. Joliot ([2]). Il semble donc plus vraisemblable d'attribuer le rayonnement L de U_{II} à la conversion

([5]) *Journal of Chemical Physics*, 15, 1947, p. 526.
([6]) D. Polder, *Nature*, 160, 1947, p. 870.
([7]) F. Halverson, *Review of Modern Physics*, 19, 1947, p. 87.

(*) Séance du 6 mars 1950.
([1]) *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 435.
([2]) *Jour. de Phys. et Rad.*, 2, 1931, p. 20.

totale d'un ou plusieurs rayonnements γ de faible énergie. Feather a déjà émis cette hypothèse ([3]).

Plus récemment l'étude des photons de faible énergie a été reprise à l'aide d'un compteur proportionnel ([4]). Les principaux résultats de Macklin et Knight ont été retrouvés, cependant il est précisé que l'intensité du spectre L s'interprète bien en admettant que 25 % des désintégrations de U_{II} laissent l'atome dans un état excité; la désexcitation se faisant par l'intermédiaire d'un γ complètement converti.

Nous donnons ici les premiers résultats que nous avons obtenus dans la recherche des électrons de conversion par la méthode des émulsions sensibles aux électrons (plaques Ilford, type G_5, épaisseur 200^{μ}). A partir de l'oxyde U_3O_8 exempt des dérivés de l'uranium, nous avons préparé $(NO_3)_2UO_2$ cristallisé. Puis nous avons imprégné pendant 1 heure et demie environ, des plaques dans une solution acétique 5 % contenant 1^g de nitrate d'urane au litre. Après 3 à 5 jours elles étaient développées suivant une technique déjà signalée ailleurs ([5]). Dans l'observation de plaques nous nous sommes attachés à ne tenir compte que des traces dues aux rayons dont l'origine et l'extrémité étaient dans un même plan d'observation. La mesure de ces traces permet de différencier aisément celles qui sont dues à U_I de celles dues à U_{II}. S'il existe des électrons de conversion d'énergie supérieure à 10 keV, chacune des trajectoires due à ces électrons partira de l'origine d'un α de U_{II}. Il peut se faire, cependant, que les désintégrations UX_2 de UZ, initialement présents dans la solution, soient suivies d'un α de U_{II}; les deux trajectoires β et α auront alors une origine commune dans la plaque; mais étant donnée la grande vie moyenne des atomes de U_{II}, l'éventualité d'un tel phénomène, pendant un intervalle de temps de quelques jours, est très peu probable et peut être négligée.

Nous avons examiné environ 2000 trajectoires α; les parcours moyens trouvés pour les α de U_I et U_{II} sont respectivement de 16^{μ} et 19^{μ}. Sur 1044 traces dues aux α de U_{II}, 369 sont accompagnées d'une trace d'électron. La figure 1 représente la répartition du parcours de ces électrons : 30 ont un parcours supérieur à 20^{μ} (15 ayant une énergie de l'ordre de 75 keV), les autres se groupent dans l'intervalle 4^{μ}-20^{μ} environ. La courbe présente deux maxima nets vers 9^{μ} et 15^{μ}. On peut admettre la relation parcours-énergie de Zajac et Ross ([6]) pour ces électrons, puisque le parcours de ceux-ci diffère peu du parcours des électrons de conversion de I_0 et RTh pour lesquels nous avons

([3]) N. FEATHER–NUCLEONICS, *Classical radioactivity*, juillet 1949.

([4]) G. SCHARFF-GOLDHABER, E. DER MATEOSSION et M. MC KEOWN, *Bull. Am. Phys. Soc.*, 2, 1950, p. 18.

([5]) G. ALBOUY et J. TEILLAC, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 945.

([6]) B. ZAJAC, M. A. S., ROSS *Nature*, **164**, 1949, p. 311.

vérifié cette courbe ([5]), ([7]). Dans ces conditions l'énergie des électrons correspondant aux maxima est de 36 et 50 keV. On peut interpréter ces électrons

Fig. 1.

comme étant dus à la conversion L et M d'un γ de 55 keV. La probabilité d'excitation du niveau nucléaire de 55 keV dans la transition $U_{II} \xrightarrow{\alpha} I_0$ est donc d'au moins 32 pour 100 désintégrations, et U_{II} devrait présenter au moins une raie de structure fine, intense.

RAYONS COSMIQUES. — *Mesure de la masse des particules du rayonnement cosmique à* 1000^m *d'altitude*. Note (*) de MM. **Charles Peyrou**, **André Lagarrigue** et Mlle **Françoise Bousser**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons poursuivi, dans le champ magnétique de l'Argentière-la-Bessée (altitude 1 000^m), les expériences de mesure de masse des particules du rayonnement cosmique avec l'appareil déjà décrit par nous ([1]).

La courbure magnétique de la trajectoire photographiée au Wilson donne l'impulsion de la particule. Les compteurs et les sélecteurs permettent d'identifier :

1° Les particules n'ayant pas traversé C_1 (particules produites dans le filtre de plomb F par une particule primaire neutre).

2° Les particules arrêtées dans E_2 et E_3, ce qui donne le parcours à 1^{cm},5 de Pb près et permet, grâce aux relations parcours — impulsion, de déterminer la masse.

([7]) G. Albouy, H. Faraggi, M. Riou et J. Teillac, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 435.

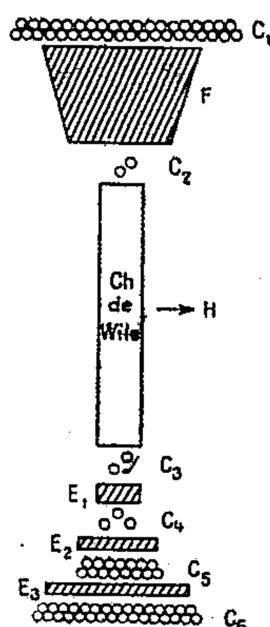
(*) Séance du 27 février 1950.

([1]) Lhéritier, Peyrou et Lagarrigue, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1304-1306; Peyrou et Lagarrigue, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 312-314.

Les principaux résultats sont les suivants :

1. *Masse des mésons* μ. — 67 mésons ont été arrétés dans la plaque E_2 (parcours compris entre 63 et 80g de Pb équivalent) ([2]), 72 mésons ont été stoppés dans la plaque E_3 (parcours entre 80 et 96g).

La valeur moyenne de l'impulsion des mésons stoppés dans E_2 est 195 MeV, celle des mésons stoppés dans E_3 est 214,6 MeV, la différence de 19,6 est en accord à 0,4 MeV près avec celle prévue pour la différence de parcours. Le groupement des impulsions des particules arrêtées est bon. L'écart quadratique des impulsions mesurées, autour de leur moyenne, est de 13 MeV pour une plaque comme pour l'autre. On en déduit que l'erreur faite sur l'impulsion moyenne est de $(13/\sqrt{70})$ MeV = 1,5 MeV dans les deux cas.



F est un filtre de plomb d'épaisseur variable suivant les expériences; E_1 est un écran de cuivre; E_2 et E_3 des écrans de Pb de 1cm,5 d'épaisseur chacun; C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6 des compteurs d'électrons.

En réunissant les résultats des mesures faites pour les deux plaques, on trouve, pour la masse du méson μ, 212 fois la masse de l'électron ± 5 en accord avec la plupart des résultats expérimentaux récents ([3]). L'erreur indiquée ± 5 tient compte aussi bien de l'incertitude statistique sur la valeur de l'impulsion moyenne, que des erreurs possibles sur l'étalonnage du champ magnétique et l'évaluation du parcours (l'erreur probable provenant du caractère statistique de la mesure est seulement ± 2).

2. *Mésons* π. — L'influence du filtre F sur la dispersion des mesures, indiquée par nous en 1947 et 1948 n'a pas été retrouvée. La présence de mésons π, sous de grandes épaisseurs de Pb, n'est donc pas confirmée.

([2]) Nous donnons le parcours en plomb, mais en fait E_1 est en cuivre et ce parcours est corrigé pour tenir compte de la paroi des compteurs, etc.

([3]) RETALLACK et BRODE, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1176; FRANZINETTI, *Philos. Mag.*, 38, 7e série.

D'ailleurs, la production de mésons dans le filtre F a été trouvée négligeable. Ceci est également contre la présence de mésons π.

3. *Mésons τ et protons.* — Pour l'identification, par notre appareil, de particules nouvelles, c'est-à-dire autres que des mésons π, μ et protons, nous ne nous servons que des particules arrêtées dans E_2. En effet, l'inefficacité du train de compteurs C_6 est de 0,5 % ; parmi les particules qui sont notées comme arrêtées dans E_3, il y a un *fond* de particules faussement arrêtées. Ce fond n'affecte nullement la mesure de la masse des mésons μ qui sont nombreux et donnent un groupement caractéristique (alors que le fond est dispersé sur tout le spectre de 200 MeV à l'infini). Mais il interdit l'identification d'une masse nouvelle sur le fait d'une particule *unique* stoppée dans E_3. Les renseignements donnés pour E_2 sont pratiquement exempts de fond, qui dans ce cas résulterait de l'inefficacité simultanée des compteurs C_5 et C_6.

Une expérience a été faite *sans filtre* F de Pb au-dessus de la chambre, pour rechercher les mésons τ (masse 1 000) ([4]). Le pouvoir séparateur de l'appareil entre mésons τ et protons avait été amélioré, en réduisant E_1 à 27 g/cm^2. L'appareil a travaillé ainsi pendant 450 heures d'attente effective, ce qui correspond à 45 mésons arrêtés dans E_2. Pendant ce temps, nous avons identifié 15 protons arrêtés dans E_2, 1 deuton et aucune particule de masse intermédiaire entre le méson ordinaire et le proton.

Les conclusions sont donc :

1° S'il existe des particules telles que le méson τ, leur nombre à 1000^{m} d'altitude est inférieur à 2 % de celui des mésons μ, quel que soit le filtre F placé au-dessus de la chambre.

2° A la même altitude le nombre de protons ayant un parcours restant compris entre 27 et 43^{g} de Pb équivalent est environ 30 % de celui des mésons ayant le même parcours.

3° Dès qu'on place un filtre de plomb au-dessus de la chambre, le nombre de protons diminue très rapidement. Sous 10^{cm} de Pb, nous avons trouvé seulement 5 protons pour 50 mésons, 2 de ces protons étaient produits localement dans le filtre F (probablement par des neutrons). Sous 72^{cm} de Pb, nous n'avons trouvé qu'un seul proton (produit localement) sur 50 mésons.

([4]) Les expériences d'Alichanian, Alichanov et Weissemberg (*Journ. de Phys. U. R. S. S.*, 1947, p. 1197) aussi bien que des résultats provisoires annoncés par Brode au Congrès de Côme, semblaient indiquer que les mésons τ ne se trouvaient que dans ces conditions. Brode a d'ailleurs infirmé, lui-même, ces résultats au Congrès de Seattle, *Bull. of American Phys. Soc.*, 24, 1949, p. 8-15.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Modifications semi-permanentes des propriétés de certains cristaux soumis à l'action d'un champ électrique alternatif.* Note (*) de M. **Georges Destriau**, présentée par M. Aimé Cotton.

Au cours de recherches diverses effectuées sur les phénomènes présentés par les substances luminescentes soumises à l'action des champs électriques alternatifs, j'avais noté certaines apparences susceptibles de s'interpréter par une modification progressive des propriétés des cristaux soumis à l'action du champ alternatif [1].

L'étude dont je résume ci-après les résultats confirme pleinement ces prévisions.

J'ai opéré avec des substances présentant un fort effet électro-extincteur (SZn ou SCd de faible persistance). Ces substances, irradiées aux rayons X, s'illuminent plus faiblement lorsqu'elles sont simultanément soumises à l'action d'un champ électrique alternatif de quelques dizaines de kilovolts par centimètre, l'extinction étant d'autant plus forte que le champ maximum est plus intense [2] et que la température est plus élevée [3].

En faisant agir maintenant le champ électrique *avant* l'action des rayons X on constate malgré tout une extinction notable de la brillance durant les deux à quatre premières minutes d'irradiation, après quoi, la brillance de l'écran soumis à l'action des rayons X atteint de nouveau sa valeur normale. A titre indicatif les courbes de la figure 1 donnent l'allure du phénomène pour un sulfure mixte SZn SCd. Évidemment l'influence du champ électrique est d'autant plus manifeste (extinction initiale plus forte) qu'il s'est écoulé un temps de repos plus court entre l'action du champ et l'irradiation aux rayons X.

Pareillement, l'extinction initiale dépend de la longueur de l'intervalle de temps durant lequel les cristaux ont été préalablement soumis à l'action du champ électrique, les courbes de la figure 2 traduisent les résultats pour la même substance.

Il apparaît donc clairement que l'action des champs électriques alternatifs, préalablement à toute action des rayons X, provoque dans la substance des modifications de structure se traduisant ici par une baisse de sensibilité passagère à l'action du rayonnement excitateur.

Ces résultats ont été confirmés sur d'autres sulfures, ils montrent :

1° Que les modifications internes, produites sur les microcristaux par les champs électriques alternatifs, évoluent lentement dans le temps.

(*) Séance du 27 février 1950.

(1) *Phil. Mag.*, série 7, 38, 1947, p. 700-774-880.

(2) *Jour. Phys.*, série 8, 4, 1943, p. 32.

(3) J. Mattler, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 76.

Les microcristaux, abandonnés au repos, reprennent peu à peu leur sensibilité normale (*fig.* 1).

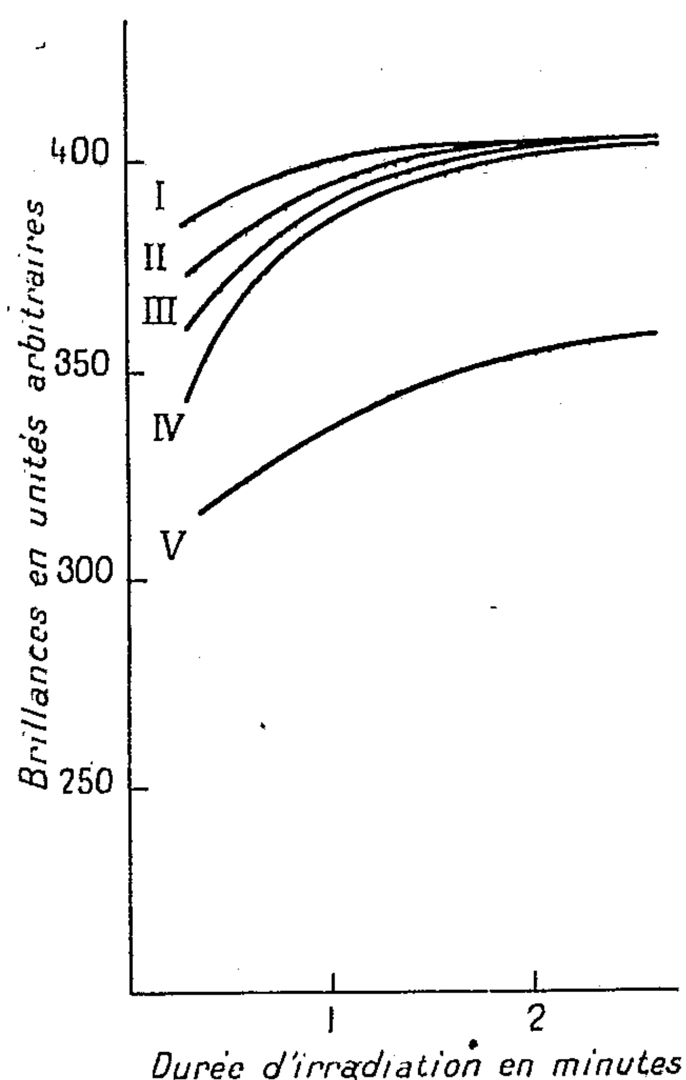


Fig. 1.

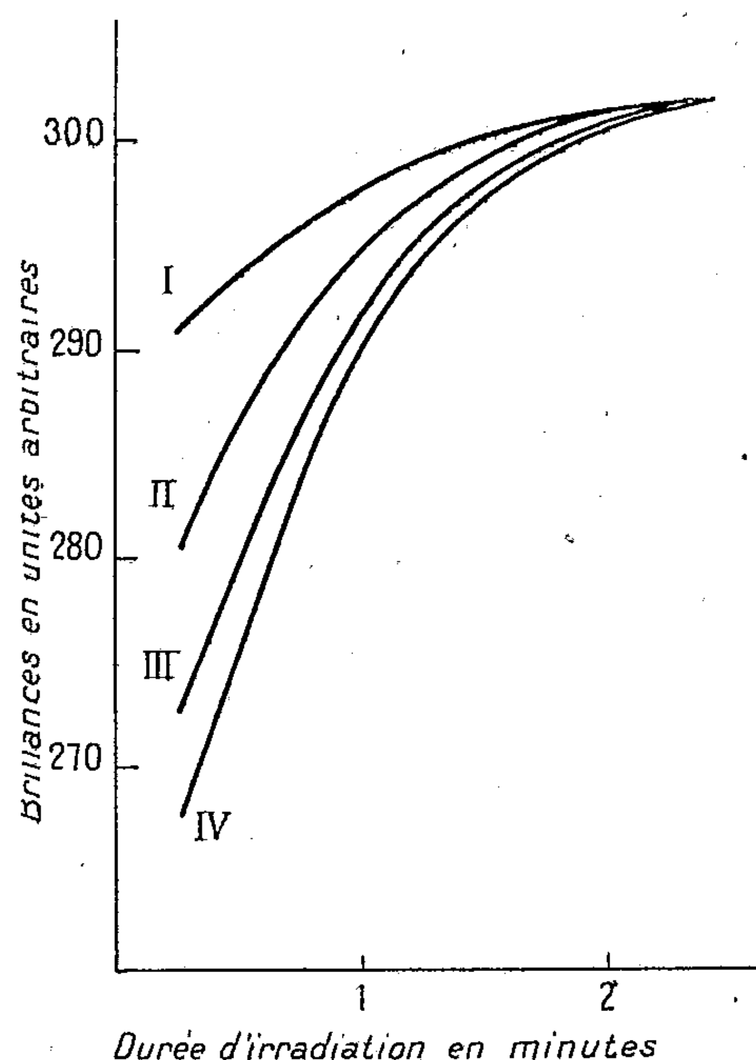


Fig. 2.

Fig. 1. — Évolution, dans le temps, de la brillance d'un écran irradié aux rayons X. I, évolution naturelle sous l'action des rayons X sans aucune action préalable du champ; II, la substance a été soumise pendant 20 minutes à l'action d'un champ électrique alternatif puis abandonnée au repos pendant un intervalle de temps T = 30 minutes avant d'être irradiée aux rayons X; III, comme II, mais avec T = 10 minutes; IV, comme II, mais avec T = 0 minute; V, à titre de comparaison, courbe obtenue, le champ et les rayons agissant simultanément. (Effet électro-extincteur normal.)

Fig. 2. — Évolution, dans le temps, de la brillance d'un écran irradié aux rayons X. I, évolution naturelle sous l'action des rayons X (sans aucune action préalable du champ); II, la substance a été soumise pendant un intervalle de temps de 20 minutes à l'action d'un champ électrique alternatif avant d'être irradiée; III, comme II, mais avec une action préalable du champ prolongée pendant une heure; IV, l'action du champ a été prolongée pendant 2 heures.

2° Sous l'action des rayons X les cristaux reprennent bien plus rapidement leur sensibilité normale, parfois en moins d'une minute et demie, parfois en près de 10 minutes.

3° Les modifications produites par le champ électrique sont d'autant plus profondes que le champ a été maintenu plus longtemps, avec tendance cependant à saturation.

Ces modifications semi-permanentes, qui proviennent probablement d'un changement dans la configuration électronique du cristal, devraient vraisemblablement avoir des répercussions sur d'autres propriétés du cristal telles que la constante diélectrique, la conductibilité, etc.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Fractionnement aux ultrasons d'un kieselguhr servant de support des catalyseurs Fischer*. Note de MM. **Stanislas Teichner** et **Émile Pernoux**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On sait empiriquement depuis fort longtemps qu'un support de kieselguhr doit être traité par les acides minéraux pour fournir un bon support des catalyseurs Fischer.

Nous avons démontré dans nos précédentes Notes ([1]) que l'attaque acide provoque la formation d'un gel de silice probablement aux dépens de divers silicates toujours présents dans le kieselguhr. Le gel de silice formé possède une surface spécifique importante; il est facilement attaqué par la solution de carbonate de sodium à 5 % qui le transforme en silicate de sodium soluble. Il doit être également susceptible de se combiner aux constituants basiques des catalyseurs Fischer tels que l'oxyde de nickel.

Nous nous sommes proposé de séparer le gel de silice formé au cours de l'attaque acide, de l'ensemble de kielseguhrs. Pour cela, nous avons soumis aux ultrasons ($\nu = 970\,000$) une suspension dans l'eau distillée de kieselguhr (Filter-Cel) traité aux acides. Après un long repos, nous avons constaté qu'il y a formation de deux fractions : l'une (12 % du poids initial du kieselguhr) est constituée par une dispersion stable, alors que l'autre reste précipitée au fond du récipient. Une agitation mécanique sans recours aux ultrasons est incapable de produire un tel fractionnement. La fraction dispersée est séparée et l'eau est évaporée.

La mesure par adsorption d'azote à — 195° C ([2]) de la surface spécifique de la fraction dispersée fournit la valeur de 40 m²/g, alors que la surface spécifique du kieselguhr initial traité aux acides est de 27 m²/g. Par ailleurs, le traitement à la solution chaude de carbonate de sodium à 5 % entraîne une perte de poids de 21,6 % alors que sur l'échantillon initial, l'attaque au carbonate entraîne une perte de poids de 14,5 % seulement.

La fraction dispersée examinée au microscope électronique apparaît comme un amas de petits fragments brisés de carapaces diatomées. Elle est très riche en substance d'aspect floconneux que nous avions précédemment identifiée comme un gel de silice. La même fraction ayant subi le traitement au carbonate présente au microscope électronique un aspect bien moins floconneux ([3]).

([1]) S. Teichner, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1644; E. Pernoux, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1646.

([2]) S. Bruneauer, P. H. Emmett et E. Teller, *J. A. C. S.*, 60, 1938, p. 309.

([3]) Nous avons employé pour la première fois comme support une membrane à base de caoutchouc chloré remplaçant celle de collodion utilisée antérieurement. Ce nouveau support, plus résistant aux agents chimiques, permet de soumettre la préparation à divers traitements et d'en suivre les effets au microscope électronique. Les résultats obtenus ainsi feront l'objet d'une publication ultérieure.

La fraction du kieselguhr qui précipite après le traitement aux ultrasons accuse une surface spécifique de 15,2 m^2/g et la perte de poids entraînée par l'attaque au carbonate est de 9 % seulement. Les propriétés se rapprochent par conséquent de celles du kieselguhr non traité aux acides, dont la surface spécifique est de 18 m^2/g et qui accuse une perte de poids de 8 % après l'attaque au carbonate. Son aspect au microscope électronique rappelle également celui du kieselguhr brut avec cependant une proportion plus grande des fragments brisés de diatomées. L'augmentation de la surface spécifique ne provient pas de la fragmentation des carapaces, mais uniquement du développement plus ou moins important de la phase silice amorphe.

Le traitement aux ultrasons fournit ainsi une preuve de plus de la formation au cours de l'attaque acide du kieselguhr, d'un gel de silice d'aspect floconneux, de grande surface spécifique et réagissant aisément avec le carbonate de sodium. Ce gel de silice se retrouve en majeure partie dans la phase dispersée aux ultrasons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Distillation de précision sous pression réduite.*

Note (*) de M. **René Romanet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Indications succinctes sur une installation de distillation analytique sous pression réduite (quelques millimètres) à contrôles entièrement automatiques. Dans une distillation test sous 1^{mm}, un mélange citronellol-géraniol est séparé avec une fraction intermédiaire de 20% pour une rétrogradation de 100 pour 1.

La distillation de précision est une technique offrant de grandes possibilités et elle a fourni des résultats fondamentaux, en particulier dans l'étude des carbures constituant les pétroles. Jusque alors elle a été très peu utilisée sous pression réduite (quelques millimètres de mercure), une des principales difficultés rencontrées résidant dans la régulation du vide sous lequel est effectuée la distillation. En effet, une variation de pression de $0^{mm},1$ pour une pression de 1^{mm} en tête de colonne entraîne une variation de la température de distillation de 1 à 2° environ suivant le corps considéré.

Nous avons réalisé un dispositif régulateur de vide maintenant une pression comprise entre 0,5 et 3^{mm} de mercure à $\pm 1/150^{mm}$. La valeur absolue de la pression est elle-même connue avec une erreur relative de l'ordre de 1/100. L'organe sensible du dispositif de régulation est un manomètre différentiel à deux liquides du type Smits [1]; il sert, en même temps, de jauge à vide, le vide de référence étant de l'ordre de 10^{-4} mm. Le manomètre est muni de contacts électriques qui commandent une vanne électromagnétique mettant en relation l'appareil à distiller et le groupe de pompage. Les liquides utilisés sont

(*) Séance du 6 mars 1950.

(1) *Zeits. Phys. Chem.*, 39, 1901, p. 385.

du phtalate de butyle saturé de triéthylèneglycol et du triéthylèneglycol saturé de phtalate de butyle. Cette dernière solution est rendue suffisamment conductrice par addition de 0,3%, environ, de nitrite de sodium. L'ensemble de l'appareil est placé dans une enceinte isotherme.

La colonne utilisée est une colonne à garnissage; hauteur de garnissage : 1^{m},25. Les conditions de fonctionnement sont aussi près que possible des conditions adiabatiques. Le régime distillatoire est maintenu constant à ± 1/100 près. La perte de charge dans la colonne est normalement comprise entre 2 et 3^{mm} de mercure. La tête de colonne est du type à condensation totale avec prélèvement d'une partie du liquide condensé comme distillat. Ce prélèvement est continu pour les taux de rétrogradation allant jusqu'à 100 pour 1; pour les taux de rétrogradation plus élevés il est intermittent. L'expérience montre, en effet, que pour des colonnes à grande efficacité et pour des rétrogradations importantes, il y a intérêt à avoir un prélèvement intermittent (²).

La température de distillation est donnée par un thermomètre à résistance de platine (³). La colonne est laissée 24 heures à reflux total avant de commencer le prélèvement. Le changement de ballon récepteur se fait sans perturbation de la distillation grâce à un petit groupe de pompage auxiliaire. Une opération complète dure de 2 à 7 semaines en marche ininterrompue.

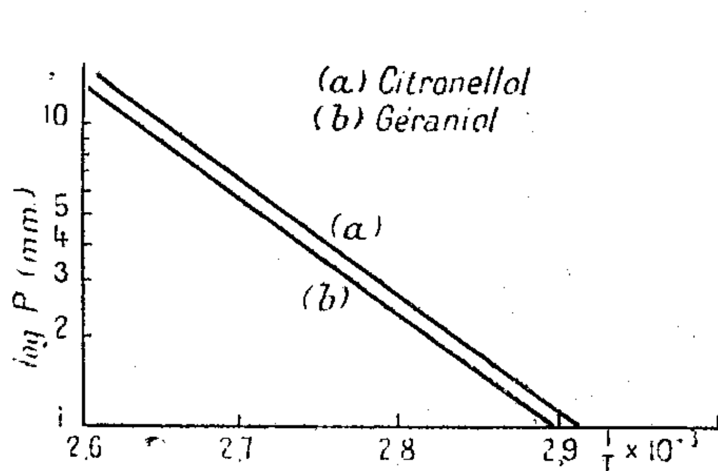


Fig. 1.

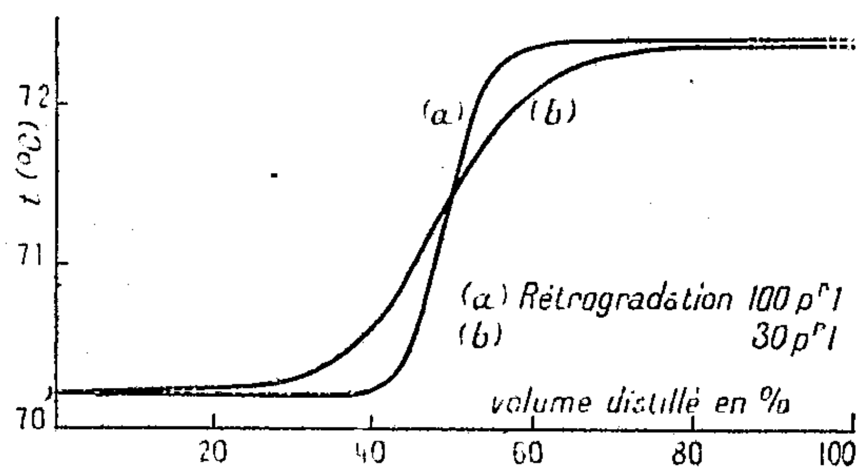


Fig. 2.

Toutes les commandes automatiques se font par l'intermédiaire de relais électroniques utilisant des thyratrons bigrilles du type 2050. Les canalisations entre l'appareil à distiller et la régulation de vide ont, au minimum, 20^{mm} de diamètre dans les parties rectilignes, 30^{mm} dans les parties coudées. La figure I donnant la courbe log P (P pression en tête de colonne) en fonction de 1/T (T/température absolue de distillation) dans l'intervalle 1-12^{mm} montre que les mesures sont correctes.

La colonne, destinée à l'étude de produits terpéniques, a été testée avec un mélange à volumes égaux de citronellol et de géraniol. Le citronellol utilisé à

(²) W. J. PODBIELNIAK, *Anal. Chem.*, 13, 1941, p. 639.

(³) R. ROMANET, *Bull. Soc. Chim. France*, (V), 15, 1948, p. 848.

cet effet, extrait de l'essence de Citronelle Java, présentait, après distillation dans l'appareil décrit, les caractères suivants :

$E_1 = 70^\circ,2$, $n_D^{20} = 1,4560$, $\alpha_j = 3^\circ,72$,
réactif de Schiff : réaction négative; teneur en ester $< 0,1\%$.

Le géraniol, extrait de l'essence de Citronelle Java, a été purifié par formation de la combinaison chlorocalcique suivant la technique de Jones et Wood ([4]) et distillation dans l'appareil ci-dessus. Il présentait les caractères suivants :

$E_1 = 72^\circ,4$, $n_D^{20} = 1,4759$, $\alpha_j = 0^\circ,0$, teneur en ester $< 0,1\%$.

La figure II donne la courbe de distillation (température) obtenue pour les taux de rétrogradation de 100 pour 1 et de 30 pour 1. Elle montre l'importance de ce facteur dans les distillations. Les courbes de distillation, indice de réfraction ou pouvoir rotatoire, donnent des résultats comparables. Elles montrent que la fraction intermédiaire comprise entre le point où passe du citronellol à 99 % et le point où passe du géraniol à 99 % (puretés par rapport aux produits de départ) est de l'ordre de 20 % pour une rétrogradation de 100 pour 1.

ÉLECTROCHIMIE. — *Études polarographiques sur les aldéhydes : le bromoéthanal.* Note de MM. **Albert Kirrmann** et **Paul Federlin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

En Chimie organique, la fonction aldéhyde est particulièrement favorable à une étude polarographique, comme l'ont montré Brdicka ([1]), Bieber et Trümpler ([2]) et d'autres. Nous avons abordé l'étude des aldéhydes halogénées, en liaison avec d'autres recherches sur ces composés effectuées dans le même laboratoire ([3]). La présente Note expose les résultats relatifs au bromo-éthanal en solution aqueuse.

On devait attendre, comme dans l'éthanal, une onde polarographique en milieu basique ou neutre non tamponné. D'autre part, la fonction bromure, sous l'influence du groupe carbonyle en α, pouvait être réductible à des potentiels moins négatifs, comme l'a observé Saïto dans l'acide α-bromopropionique ([4]), à la fois en milieu acide et basique. Dans une certaine mesure, c'est effectivement ce que l'on observe, surtout à 0°. Une onde E_1, dont le potentiel

(4) *Ind. Eng. Chem.*, **34**, 1942, p. 488.

(1) Vesely et Brdicka, *Coll. Czech. Chem.*, **12**, 1947, p. 213.
(2) *Helv. Chim. Acta.*, 30, 1947, p. 706, 971, 1109, 1286, 1534, 2000.
(3) P. Chancel, *Thèse*, Strasbourg, 1949.
(4) E. Saito, *Bull. Soc. Chim. France*, **15** 1948, p. 404.

de demi-onde est voisin de — 400 à — 500 mV, et augmente avec le pH, est attribuable au brome. Une autre E_3, $E_{1/2} \approx 1800$, inexistante en milieu acide, correspond bien à la fonction aldéhyde. Isolée en milieu LiCl, elle est accompagnée en milieu basique d'une autre onde E_2, $E_{1/2} \approx 1600$. Celle-là, inattendue, n'appartient pas à l'aldéhyde bromée, mais à un produit de transformation.

C'est surtout à 25° que cette transformation devient manifeste. L'onde E_1 disparaît aux pH supérieurs à 9, alors qu'à 0° elle subsiste jusque vers 12. C'est donc à une hydrolyse qu'il faut penser. Effectivement, les observations à 25° en millieu basique correspondent exactement aux potentiels de l'aldéhyde glycolique ([5]). Nous avons préparé ce corps et constaté que l'identité s'étendait aux valeurs de l'intensité-limite de i_L. Cette hydrolyse est confirmée chimiquement ([3]).

L'étude du coefficient de température du courant i_L montre une anomalie. Il est de l'ordre de 10 % alors que sa valeur habituelle est voisine de 2 %. L'effet s'interprète, comme pour l'aldéhyde formique ([1]) ([2]), par un phénomène chimique. L'aldéhyde se trouve en solution aqueuse sous forme d'un hydrate $CH_2Br—CH(OH)_2$. L'aldéhyde libre, seule réductible, se trouve en équilibre avec l'hydrate. Le courant limite dépend de la vitesse de cette déshydratation et non pas seulement de la diffusion du produit vers l'électrode. La même conclusion résulte de la constance du courant lorsqu'on fait varier la hauteur de la colonne de mercure qui surmonte le capillaire.

Enfin, la mesure de la valeur de α de l'équation

$$E = E_{\frac{1}{2}} - \frac{0,059}{\alpha} \log \frac{i}{i_L - i}$$

indique que la réduction est irréversible. On trouve en effet α de l'ordre de 0,4 et non un nombre très voisin de 1. Toutes ces observations s'appliquent à l'onde E_1 du brome aussi bien qu'à celles de l'aldéhyde, E_2 et E_3. Ainsi le brome paraît n'être pas réductible dans les conditions de l'expérience dans la forme hydrate d'aldéhyde, mais seulement lorsqu'il subit l'influence du carbonyle. D'après cette interprétation, dans le bromoacétal le brome ne doit pas être réductible, du moins pas d'après le même mécanisme. Il est vrai qu'on a pu observer la réduction du brome non influencé dans une molécule aliphatique ([6]), mais dans ce cas, la réduction est bien moins facile, l'onde est très négative. L'effet ne peut être contrôlé en solution aqueuse à cause de l'insolulubilité de l'acétal. Des essais dans le mélange eau-dioxane 50 % ont montré que le $CH_2BrCH(OC_2H_5)_2$ est réductible en solution de borate de tétraméthylammonium, $E_{1/2}$ 1950 mV.

Le tableau ci-après indique les principaux résultats. Les potentiels de

---

([5]) BIEBER et TRÜMPLER, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 5.
([6]) M. VON STACKELBERG, *Z. Elektrochemie*, 53, 1949, p. 118-125.

demi-onde E sont indiqués en millivolts par rapport à l'électrode saturée au calomel. Le courant limite i_L est en micro-ampères. Le facteur $m^{2/3}t^{1/6}$, définissant le capillaire, a été de 1,31 et 1,19 pour les ondes E_1 et E_3 en milieu non tamponné.

		Onde du brome.		Onde glycolique.		Onde de CHO.	
T.	Milieu.	E_1.	i_L.	E_2.	i_L.	E_3.	i_L.
0...........	LiCl $n/10$	— 540	0,40	—	—	— 1845	0,87
25...........	»	— 485	2,0	—	—	— 1850	3,3
25...........	pH = 2,4	— 340	0,31	—	—	—	—
25...........	5,0	— 360	0,30	—	—	—	—
25...........	8,45	— 400	0,70	—	—	—	—
0...........	9,85	— 480	0,2	— 1520	—	— 1795	0,4
25...........	9,85	—	—	— 1580	1,07	— 1820	1,0
0...........	10,6	— 490	0,28	— 1550	0,11	— 1800	0,37
25...........	10,6	—	—	— 1585	1,20	— 1830	1,05
0...........	13	—	—	— 1675	1,3	— 1880	0,7
25...........	13	—	—	— 1675	2,5	— 1895	1,47

ANALYSE SPECTROGRAPHIQUE. — *Dosage spectrographique du bore.* Note (*) de M. **Étienne Roux** et Mlle **Christiane Husson**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Bien qu'il existe de très bonnes méthodes chimiques de dosage du bore, on a cherché a mettre au point une méthode spectrographique sensible, rapide et susceptible d'être facilement applicable à des dosages en série.

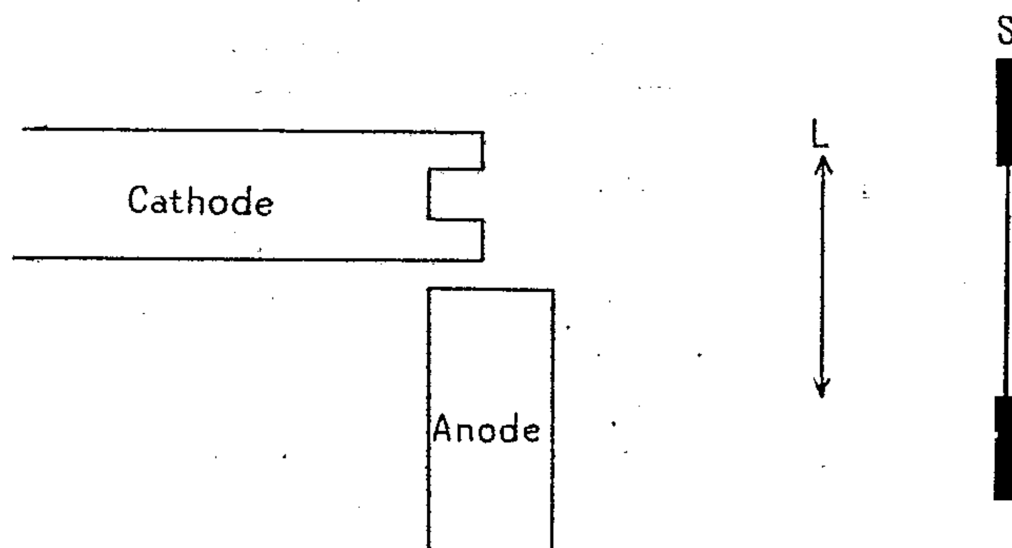
Principe. — Le principe de la méthode s'inspire de celui indiqué par de Grammont. On s'est donc efforcé de faciliter le plus possible le respect d'une rigoureuse constance dans le mode opératoire. On photographie la raie 2497,7 Å et l'on repère le noircissement de la plaque à l'aide d'un microphotomètre.

Appareillage et conditions d'excitation. — Le spectrographe utilisé est le grand spectrographe de Ferry. La source lumineuse est l'arc électrique jaillissant entre deux électrodes de cuivre. Une lentille cylindro-sphérique de quartz en donne une pseudo-image linéaire que l'on fait se former sur la fente du spectrographe. Afin d'obtenir une parfaite fixité de cette pseudo-image, on a été amené a adopter pour les électrodes la disposition suivante :

La cathode est constituée par une tige cylindrique de cuivre électrolytique de 10^{cm} de long et de 5^{mm} de diamètre. Elle est creusée d'un orifice de 4^{mm} de diamètre et de 3^{mm} de profondeur; elle est horizontale et son plan vertical diamétral de symétrie passe par la fente du spectrographe.

(*) Séance du 27 février 1950.

L'anode est disposée dans ce même plan et à 2^{mm} au-dessous de la cathode. Elle est formée par une plaque de cuivre de 2^{mm} d'épaisseur et de 5^{mm} de largeur.



L'amorçage se fait la fente du spectrographe étant ouverte (5/100 de millimètre); la durée de la pose est de 1 minute, et l'intensité du courant qui traverse l'arc est de 8 A.

Chaque électrode ne pouvant servir que pour un seul dosage, on doit vérifier que la position des électrodes demeure la même d'un dosage à l'autre. Pour ce faire, on projette leur image sur un écran fixe et on la fait coïncider avec deux repères fixes tracés sur cet écran suivant la méthode indiquée par G. Bertrand, D. Bertrand et Courty (1).

Préparation des échantillons. — Sur une plaque de liège on fixe un certain nombre d'aiguilles de verre. A la pointe de chacune d'elles on dispose un petit tampon de coton d'environ 3^{mm} de diamètre et pesant environ 2^{mg} qui doit être complètement imprégné lorsqu'on y dépose à l'aide d'une pipette à pointe fine 1/10 de centimètre cube de la solution alcaline dans laquelle le bore est à doser. Les cotons une fois imbibés sont portés à l'étuve à 40° jusqu'à dessiccation. Le coton ainsi préparé, lorsqu'il est sec, est introduit dans l'orifice pratiqué dans la cathode.

La solution que l'on utilise est généralement obtenue en alcalinisant une solution dans laquelle le bore est sous forme d'acide borique.

Repérage du noircissement des films et mesure de la quantité de bore présente dans la solution. — La raie 2497 Å est photographiée sur film Panatomic X qui présente une sensibilité suffisante dans cette région du spectre. L'intensité de cette raie est mesurée à l'aide d'un microphotomètre.

La courbe d'étalonnage se trace en utilisant des solutions contenant des quantités de bore variant entre 5 et 100 γ/cm^3, et dont la composition se rapproche le plus possible de celle de la solution dans laquelle le bore est à doser. En fait, l'expérience a montré que le plus souvent l'utilisation de l'eau

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 520.

distillée pour la composition des solutions étalons donnent une précision suffisante (de l'ordre de 5 %).

Enfin, au lieu de photographier sur chaque plaque les spectres des solutions étalons on peut, selon la méthode rappelée plus haut ([1]), construire la courbe donnant le γ de la plaque étalon en éclairant celle-ci par une lampe à hydrogène Chalonge et Lambrey pendant des temps variables et recommencer la même opération sur chaque plaque de dosage. En comparant les noircissements de la raie 2497 Å du bore à ceux du fond donnée par la lampe étalon, on peut établir une courbe d'étalonnage très précise une fois pour toutes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur les hydrosols de l'acide α-stannique.* Note (*) de Mme **Marguerite Grillot**, présentée par M. Paul Pascal.

L'effet très différent de la soude et de la potasse sur la peptisation de l'acide α-stannique est mis en évidence. L'action de l'éthanol sur les hydrosols obtenus avec la potasse a permis d'isoler $SnO_2, 7H_2O$, corps gélatineux soluble dans l'eau. Ces hydrosols à la potasse sont très stables, le caractère α-stannique s'y trouvant conservé très longtemps.

On considère généralement ([1]) ([2]) que les acides stanniques passent facilement en solution colloïdale dans les solutions aqueuses diluées de bases fortes, qu'il s'agisse aussi bien de soude que de potasse. En réalité, ces deux alcalis agissent de façons très différentes vis-à-vis de l'acide α-stannique. Un travail antérieurement publié ([3]) m'a montré que pour faire passer en solution aqueuse, à l'aide de soude, une quantité donnée d'hydrogel d'acide α-stannique, il est nécessaire de mettre ces deux composés en présence dans la proportion qui correspond approximativement à deux atomes de sodium par atome d'étain. La solution obtenue évaporée ou additionnée d'alcool éthylique, laisse cristalliser un stannate de sodium dans lequel on retrouve le même rapport stœchiométrique de ces deux métaux ([4]); elle apparaît donc comme une solution vraie de ce sel.

Il en va tout à fait autrement avec la potasse qui, au contraire, favorise la peptisation de l'acide α-stannique. J'ai constaté en effet qu'une quantité considérable d'acide α-stannique préparé par action de l'ammoniaque sur le chlorure stannique pur, lavé minutieusement pour le débarrasser aussi complètement que possible des ions Cl^- et NH_4^+ qu'il a grande tendance à adsorber et enfin

---

(*) Séance du 6 mars 1950.

([1]) Varga, *Koll. Beihefte*, 11, 1919, p. 26.

([2]) A. Bruiltet, *Traité de Chimie minérale* de M. Paul Pascal, Paris, 9, 1933, p. 55-65.

([3]) Marguerite Grillot, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2070.

([4]) La formule de ce composé est $SnO_3Na_2, 4H_2O$.

essoré, est capable de passer en solution dans l'eau, en présence d'une quantité relativement faible de potasse. C'est ainsi qu'avec 1[l] de solution normale de cette base, maintenue à froid à l'abri du gaz carbonique atmosphérique, il est possible d'obtenir un liquide incolore, limpide, visqueux mais cependant filtrable sur verre frité d'Iéna n° 4, contenant plus de 4 atomes-g d'étain (soit plus de 600[g] d'oxyde stannique SnO_2). Dans ces conditions, il ne peut évidemment s'agir que d'une solution colloïdale.

Contrairement à ce qui se passe pour l'hydrosol de l'acide stannique en milieu chlorhydrique dilué ([5]), ce liquide reste stable à chaud : il ne se produit aucune coagulation lorsqu'on le fait bouillir : une grande partie de son eau peut même être chassée par distillation sans qu'il n'apparaisse jamais deux phases distinctes. Le liquide résiduel devient alors très visqueux et montre une opalescence jaune verdâtre. Par refroidissement, la viscosité s'accroît encore au point que le produit, qui prend l'aspect d'une gomme transparente, ne s'écoule plus quand on retourne le récipient qui le contient. La nature de l'hydrosol n'a d'ailleurs pas été modifiée par la concentration qu'il a subie : cette gomme se dilue en effet dans l'eau sans difficulté.

En traitant cette solution colloïdale par de l'alcool éthylique, j'ai observé la formation d'un abondant précipité blanc qui, au microscope, semble d'apparence cristalline et se laisse facilement filtrer sur verre fritté. Placé dans un dessiccateur contenant du gel de silice, cette substance essorée change d'aspect en se transformant en une sorte de gélatine transparente : après huit jours, son poids y reste constant. Cette gélatine est d'ailleurs totalement soluble dans l'eau, lentement à froid, rapidement à chaud. L'acide chlorhydrique amène l'étain à l'état de tétrachlorure, ce qui permet de le doser par la méthode du cupféron ([6]). Son analyse montre qu'il s'agit d'oxyde stannique hydraté ayant adsorbé d'infimes traces de potassium (moins de 0,2 %) : il contient $42,90 \pm 0,20$ % d'étain et semble donc répondre à la formule brute SnO_2, $7H_2O$ (étain calculé : 43,20 %). Le fait que l'analyse donne des résultats en bonne concordance avec la formule d'un composé défini permet d'envisager comme susceptible d'être retenue l'hypothèse selon laquelle le précipité initial serait une combinaison également définie d'acide stannique et d'alcool éthylique, combinaison qui se dissocierait en ses constituants dans l'atmosphère sèche du dessiccateur à gel de silice.

Il est remarquable que, même après plusieurs mois de conservation, cette gélatine aussi bien que l'hydrosol d'où elle a été extraite se transforment très aisément en solutions vraies de stannate de potassium lorsqu'on y dissout la quantité requise de potasse. Cette assertion se trouve vérifiée par le fait que l'addition d'un grand excès de potasse y provoque la cristallisation du même

([5]) COLLINS et WOOD, *J. Chem. Soc.* (England), 121, 1922, p. 1122.
([6]) MARGUERITE GRILLOT, *Bull. Soc.*, 1947, p. 729-731.

stannate de potassium que celui que l'on prépare par action de cette base sur l'acide α-stannique fraîchement précipité. Or la distinction qui est généralement admise entre les acides α-stannique et β-stannique réside en ce que celui-ci est très difficilement attaqué par les bases fortes aussi bien que par les acides. De plus, l'acide β-stannique, que de nombreux auteurs, notamment P. Pascal à la suite de mesures de susceptibilités magnétiques ([7]), Gutbier par l'étude de spectres d'interférence ([8]) et Forster dans ses recherches sur les spectres de diffraction des rayons X ([9]), considèrent comme un simple mélange d'oxyde stannique anhydre et d'eau, est le résultat de l'évolution spontanée, lente à froid, plus rapide à chaud, de la combinaison instable qu'est l'acide α-stannique. Même en contact d'eau pure ou de solutions aqueuses d'ammoniaque, cette évolution est déjà importante, quelques heures seulement après sa formation, comme l'a montré A. Berton ([10]) par l'étude de la variation avec le temps de l'absorption ultraviolette du précipité. La propriété signalée ci-dessus semble donc indiquer une possibilité de ralentir considérablement cette évolution et par conséquent de conserver pendant un temps assez long le caractère α-stannique.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Mécanisme du palier observé sur les courbes de traction des aciers recuits.* Note de M. **Christian Boulanger**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Le phénomène est discuté à la lumière de la théorie des dislocations. Le cas des aciers recuits est rattaché au cas général des alliages écrouis et vieillis, en invoquant un effet mécanique déterminé par le changement du volume spécifique qui accompagne la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, suivie d'un vieillissement au cours du refroidissement.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai montré comment la présence de carbone, d'azote ou d'oxygène dans le fer, était responsable du phénomène de Portevin-Le Chatelier, c'est-à-dire des discontinuités enregistrées sur les courbes de traction à certaines températures, et comment une des conséquences de ce phénomène était le vieillissement bien connu, présenté par les aciers après écrouissage. En essayant à chaud un grand nombre de solutions solides d'insertion ou de substitution, j'ai pu constater la généralité de ces phénomènes : discontinuités, et vieillissement après écrouissage suivi d'un revenu à une température insuffisante pour déterminer la recristallisation complète. Ce vieillissement se traduit principalement sur la courbe *force-allongement*,

---

([7]) P. Pascal, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1063.
([8]) *Berichte*, 59, 1926, p. 1232.
([9]) *Phys. Z.*, 28, 1927, p. 151.
([10]) *Thèse*, Paris 1944, p. 79.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2026.

enregistrée à l'essai de traction, par un *palier*, c'est-à-dire par une inflexion qui marque le seuil de la déformation permanente.

On sait comment la théorie de dislocation rend compte du *palier* : il a pour cause un regroupement des atomes autour des imperfections de structure, dont l'effet est de diminuer la distorsion du réseau. Il se formerait ainsi des noyaux d'atomes assez stables pour ne disparaître que par recristallisation complète du métal. Ainsi, dans les austénites à base de fer, de nickel ou de chrome, il faut dépasser 1000° et quelquefois 1200° C pour que la recristallisation puisse supprimer ce *palier*.

Or dans le fer et les aciers, un recuit poussé au delà de la transformation Ac_3 ne suffit pas, en général, pour faire disparaître le *palier*. Cette particularité me paraît s'expliquer par les effets mécaniques dus aux variations de volume qui accompagnent la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, et qui, sauf sur un monocristal, déterminent l'équivalent d'un écrouissage d'origine mécanique suivi d'un vieillissement. Selon cette conception, qui sera étayée plus loin, le *palier* des aciers recuits ne différerait pas essentiellement du *palier* des mêmes aciers écrouis et vieillis.

Quant au mécanisme de cette singularité dans les aciers, on peut le concevoir ainsi : sous l'effet d'une contrainte, les atomes de carbone ou d'azote, en solution solide dans le fer, ont tendance à diffuser, comme le montrent les anomalies du frottement intérieur, découvertes par Woodruff et Ch. E. Guye, et interprétées par Snoek. Cette diffusion est d'autant plus importante que la contrainte est plus hétérogène (même en traction pure, elle le sera toujours à cause de l'anisotropie élastique des grains cristallins orientés en tous sens). A partir d'une certaine tension, le carbone et l'azote seront donc en quelque sorte expulsés des *noyaux* les plus chargés, et une ligne de glissement apparaîtra dans un grain suivant un plan de cisaillement maximum. Comme elle charge les autres grains du même plan, elle se propagera sur toute une section de l'éprouvette et déclenchera une ligne de Lüders ou de Piobert. Mais, un tel glissement crée autour de lui une hétérogénéité des tensions qui facilite la désagrégation des noyaux voisins, et un second glissement prendra naissance à côté : la déformation s'étendra de proche en proche, comme le montre l'expérience.

Le phénomène reste distinct des hachures de Portevin-Le Chatelier, car il s'agit de noyaux beaucoup plus stables que des atomes isolés. Il faut une grande hétérogénéité de contrainte pour désagréger ces noyaux : c'est pourquoi, chaque glissement a le temps de devenir important avant que le suivant ne s'amorce. Dans ces conditions, une onde de déformation plastique ne peut se propager.

Revenons maintenant sur les caractères essentiels du *palier*, et voyons comment, dans le cas des aciers, ils cadrent avec l'hypothèse d'un écrouissage de nature physicothermique. Si les tensions internes, au moment de la trans-

formation $\gamma \rightarrow \alpha$ sont à l'origine du *palier*, la présence d'un gros grain doit atténuer celui-ci en diminuant les tensions et en facilitant les glissements : précisément, le fer à très gros grain, purifié dans l'hydrogène au-dessus de Ac_3 possède une courbe de première traction sans anomalie de courbure; mais un *palier* survient, parfaitement net, après un léger écrouissage suivi de vieillissement.

Une autre vérification indirecte est fournie par l'étude des fils de molybdène et des tôles de fer silicium exempts l'un et l'autre de transformation avec changement de phase. Sur une tôle généralement recuite au-dessous de 1000°C, on constate un *palier* assez accentué malgré un gros grain. Au contraire, si l'on pousse le recuit à 1200°C, on fait disparaître le *palier*. Pour le molybdène, il faut dépasser 1300°C.

On peut aussi essayer d'empêcher le vieillissement du fer pur par refroidissement très brusque à partir de l'état austénitique : le *palier* est en effet supprimé, mais le fil est dur, et comme il ne peut s'agir de durcissement martensitique, il faut invoquer l'écrouissage par transformation allotropique, le vieillissement n'ayant pas le temps de se produire au cours du refroidissement rapide.

Une autre confirmation peut être trouvée dans l'évolution du *palier*, quand on fait varier soit la température de l'essai, soit la vitesse de la déformation. Le fait que l'on observe un *palier* à toute température inférieure au seuil des phénomènes visqueux étaye l'hypothèse d'un blocage des dislocations au cours du refroidissement ; et le fait que, dans une certaine mesure, le *palier* dépend de la vitesse de traction utilisée, montre l'intervention d'atomes dont la vitesse de diffusion est appréciable dès la température ordinaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches d'analogues structuraux de la chloromycétine. Sur la configuration stérique de la β-phénylsérine.* Note de M[lle] **Denise Billet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours de recherches sur les analogues structuraux de la chloromycétine ([1]), j'ai été amenée à préparer la β-phénylsérine afin d'étudier son comportement vis-à-vis de *Escherichia Coli*.

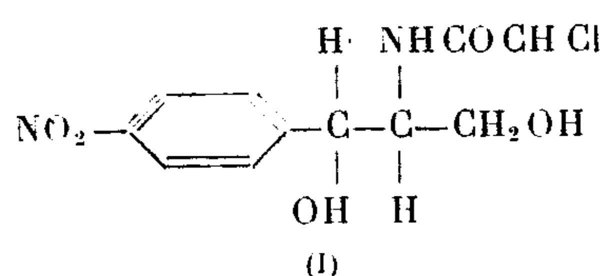
Cette substance est effectivement un inhibiteur de ce germe et son action semble être de même nature que celle du *chloramphénicol*, comme l'ont montré les essais de synergie et d'antagonisme décrits dans une précédente Communication ([2]).

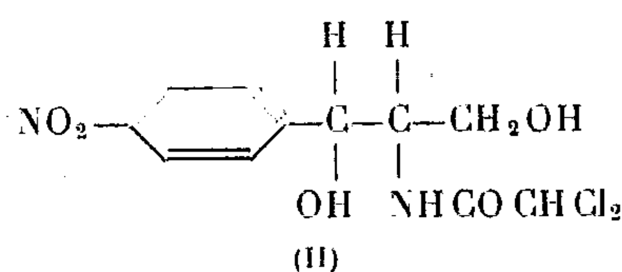
Or, ce dernier composé est un des deux dérivés optiques de la série *thréo* (I), et les deux isomères de la série *érythro* (II) sont entièrement inefficaces, du

([1]) P. Meunier, C. Mentzer et L. Molho-Lacroix, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 241-243.

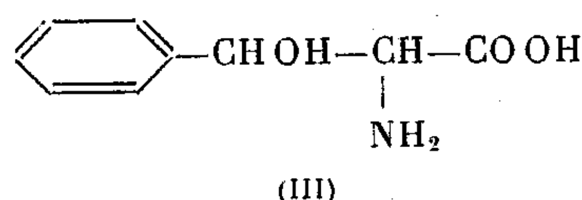
([2]) C. Mentzer, P. Meunier, L. Molho-Lacroix et D. Billet, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, (sous presse).

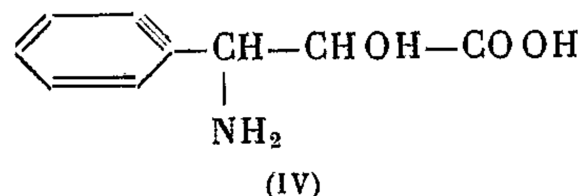
point de vue antibiotique (³)





Partant de ce fait, je me suis demandé si l'activité de la phénylsérine (III) était également liée à sa configuration stérique. Jusqu'ici, des recherches concernant la stéréochimie de cet acide aminé n'avaient pas encore abouti à des résultats, étant donné qu'il a pu être démontré que la soi-disant *cis phénylsérine* décrite par Foster et Rao (⁴) est en réalité un isomère de position, répondant à la formule (IV) (⁵) et (⁶)





Théoriquement, cependant, la phénylsérine, grâce à la présence de deux carbones asymétriques, peut exister sous quatre formes différentes. Une seule forme racémique étant accessible par les méthodes de synthèse, il s'agissait de déterminer si ce racémique appartenait à la série *thréo* ou *érythro*.

A cet effet, nous avons utilisé les données de Meyer et Rose qui, au cours de leurs recherches sur la thréonine (méthylsérine), sont parvenus à élucider la constitution de la forme naturelle de cet acide aminé par nitrosation de ce dernier et préparation d'un acide di-oxy-butyrique (⁷); il est connu que, d'une façon générale, l'acide nitreux ne provoque pas d'inversion de Walden (⁸) et que l'acide auquel conduit cette oxydation possède la même structure stéréoisomérique que l'acide aminé ayant servi de point de départ. En appliquant ces données à la β-phénylsérine préparée par la méthode d'Erlenmeyer (⁹), j'ai obtenu un acide phénylglycérique que j'ai pu identifier comme appartenant à la série *thréo* par son point de fusion, ainsi que l'hydrazide correspondant, les deux acides β-phénylglycériques, racémiques des séries thréo et érythro ayant

---

(³) CONTROULIS, REBSTOCK et CROOKS, *J. Am. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 2467.
(⁴) *J. Chem. Soc. London*, **129**, 1926, p. 1943-51.
(⁵) OESTERLIN, *Metallbörse*, 5 juin 1929.
(⁶) FOURNEAU et BILLETER, *Bl.*, (5), **7**, 1940, p. 593-595.
(⁷) MEYER et ROSE, *J. biol. Chem.*, **115**, 1936, p. 721.
(⁸) P. A. LEVENE, *Chem. Rev.*, **2**, 1926, p. 179.
(⁹) ERLENMEYER et FRÜHSTÜCK, A. **284**, p. 41-45; FORSTER et RAO, *Journ. Chem. Soc.*, **129**, 1949.

été préparés antérieurement par des méthodes tout à fait différentes ([10]) ainsi que les hydrazides correspondants dont les points de fusion diffèrent encore plus ([11]).

Ces faits justifient expérimentalement la supposition qui vient d'être formulée par Ch. Mentzer, P. Meunier, L. Molho-Lacroix et moi-même ([1]) et ([2]).

Partie expérimentale. — *Acide thréo β-phénylglycérique* : $C_9H_{10}O_4$. — 3^g de β-phénylsérine préparée selon la méthode de Forster et Rao ([9]) sont dissous dans 30^{cm^3} d'eau; à cette solution sont ajoutés $4^g,9$ de nitrite de baryum mono-hydraté dissous dans 30^{cm^3} d'eau. Le ballon est mis dans un bain de glace et par une ampoule à brome sont ajoutés goutte à goutte 41^{cm^3} de SO_4H_2N, soit un peu plus de la quantité théorique. Cette addition dure une demi-heure. Le précipité de SO_4Ba formé est essoré et le filtrat concentré sous vide jusqu'à consistance sirupeuse. Le résidu est repris par l'alcool absolu, puis évaporé de nouveau sous vide. Finalement, le produit est dissous dans 3^{cm^3} de ce même solvant, filtré et mis à la glacière. Après plusieurs jours, il se forme des cristaux d'acide phénylglycérique, F 141° (érythro, F 122°).

Phényl-hydrazide de l'acide thréo β-phénylglycérique : $C_{15}H_{16}O_3N_2$. — Le sirop obtenu précédemment par concentration de la solution alcoolique d'acide phénylglygérique est chauffé au réfrigérant à reflux avec poids égal de phénylhydrazine pendant une demi-heure au bain d'huile à 130°. Après refroidissement, le résidu est recristallisé dans l'alcool. Cristaux jaunes, F 215° (érythro, F 177°).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude spectrale de quelques composés hydroxyazoïques dérivés de l'acénaphtène*. Note (*) de Mme **Pauline Ramart-Lucas** et M. **Claude Dufour** ([1]), présentée par M. Marcel Delépine.

Le travail que nous résumons ci-dessous a pour but d'étendre à la série des hydroxyazoïques dérivés de l'acénaphtène les résultats qui ont déjà été obtenus par l'un de nous ([2]) en ce qui concerne la structure des composés correspondants des séries benzénique et naphtalénique.

Rappelons que ces travaux ont permis de choisir avec certitude entre les deux structures, hydroxyazoïque (I) et quinone-hydrazone (II), susceptibles

([10]) Erlenmeyer et Lipp, *Ann.*, 219, p. 182; Plöchl et Mayer, *Ber.*, 30, p. 1601; Riber, *Ber.*, 41, 24 B; Lipp, *Ber.*, 16, p. 1287.

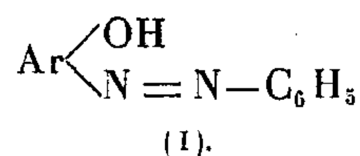
([11]) Plöchl et Mayer, *Ber.*, 30, p. 1601.

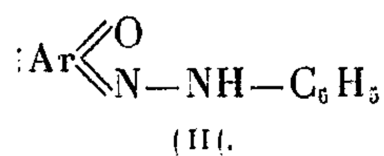
(*) Séance du 6 mars 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 756.

([2]) Mme P. Ramart, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 468; *Bull.*, 10, (5), 1943, p. 36 et 75; Mme P. Ramart-Lucas, Mme M. Grumez et M. Martynoff, *Bull.*, 10, (5), 1943, p. 127 et 223; 11, (5), 1944, p. 200; 12, (5), 1945, p. 814; *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 646; Mme P. Ramart-Lucas, Mme T. Guilmart et M. Martynoff, *Bull.*, (5), 1947, p. 14.

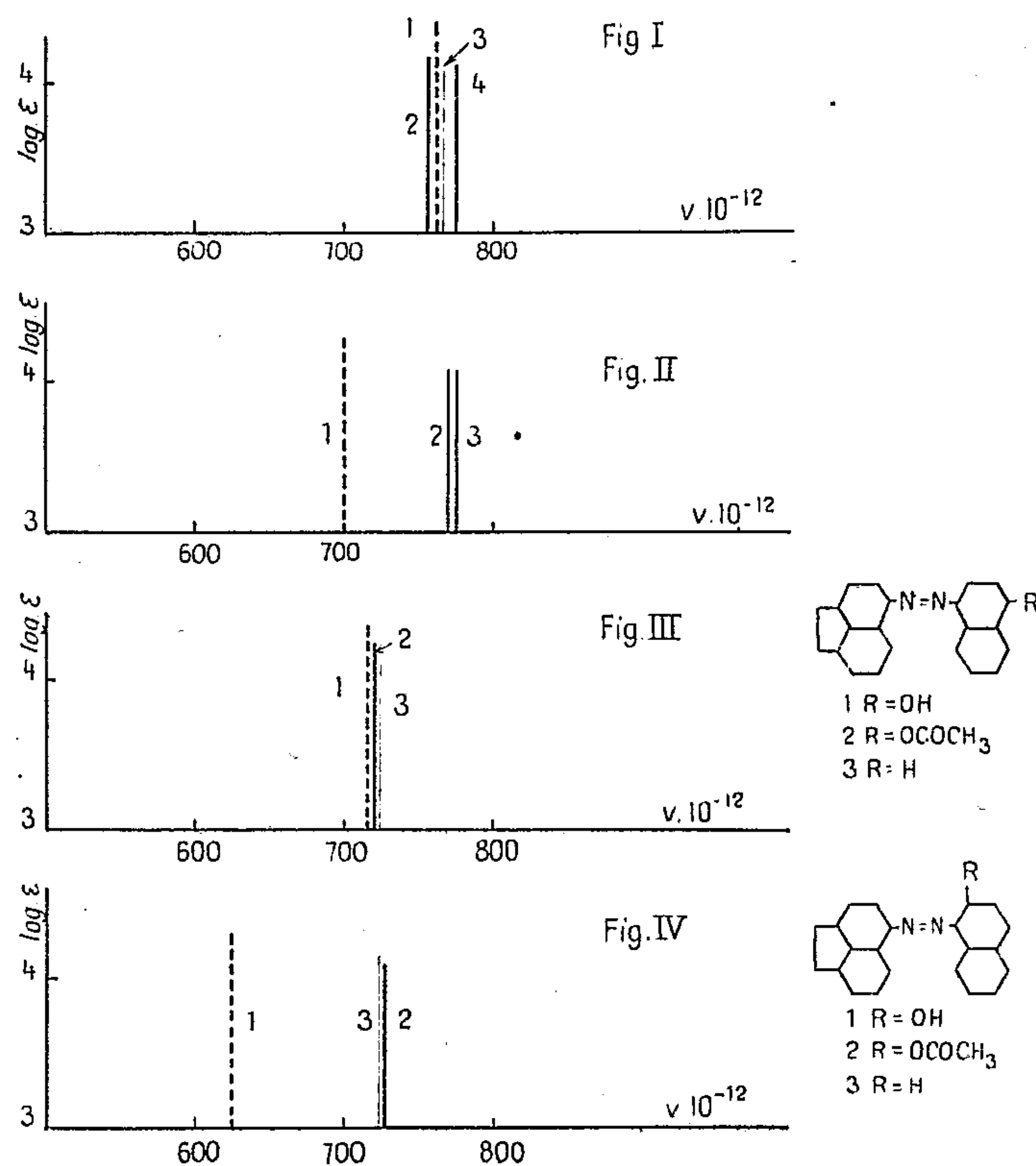
d'être attribuées à ces corps.





Nous avons tout d'abord mesuré l'absorption dans le spectre visible et dans l'ultraviolet des solutions alcooliques des composés suivants : hydroxy-4 acénaphtène-azo-1 benzène (1), méthoxy-4 acénaphtène-azo-1 benzène (2), acétoxy-4 acénaphtène-azo-1 benzène (3), et acénaphtène-azo-benzène (4).

Les résultats des mesures sont reportés schématiquement sur la figure 1. En abscisses sont portées les longueurs d'onde, en ordonnées le logarithme de base dix du coefficient d'absorption maximum.



On voit immédiatement que ces quatre spectres sont très voisins. Sachant que les spectres (2) et (4) représentent l'absorption de la forme azoïque, ce fait montre que (3) se trouve en solution sous la forme ester d'hydroxy-azoïque, et que (1) se trouve presque entièrement sous la forme hydroxy-azoïque, comme c'est généralement le cas pour les hydroxy-azoïques de la série para dans lesquels l'hydroxyle est fixé sur un noyau benzénique.

Il faut aussi remarquer, ce qui n'apparaît pas sur la figure, que pour une

même valeur du coefficient d'absorption les spectres se rangent dans l'ordre 1, 2, 3, 4 dans le sens des longueurs d'onde décroissantes.

La figure 2 schématise l'absorption du méthyl-5 oxy-2 acénaphtène-azo-1 benzène (1), celle de son ester acétique (2) et celle de l'acénaphtène-azobenzène (3) qui peut être confondue avec celle du méthyl-5 acénaphtène-azo-1 benzène.

La similitude des spectres de (3) et de (2) nous montre que ce dernier se trouve sous forme d'ester d'hydroxy-azoïque, tandis que l'absorption de (1) qui se situe nettement vers les plus fortes longueurs d'onde indique que la combinaison libre se trouve en solution en équilibre entre les deux formes, avec une proportion importante de la forme quinonique, et peut être aussi une certaine proportion d'une troisième forme différant des deux autres par le dispositif électronique de l'un des atomes d'azote du groupe azoïque ([3]). La présence de cette forme étant indiquée en outre par une légère inflexion de la courbe pour la valeur $\log \varepsilon = 2,3$.

Les figures (3) et (4) qui schématisent l'absorption des dérivés correspondants pour lesquels l'hydroxyle est porté par un noyau naphtalénique au lieu d'un noyau benzénique, nous permettent de formuler des conclusions analogues. Mais dans le cas du dérivé ortho rien n'indique qu'on se trouve en présence d'une troisième forme isomère.

Conclusion. — Ces mesures d'absorption effectuées sur quelques composés hydroxyazoïques dérivés de l'acénaphtène confirment les résultats obtenus dans les séries benzénique et naphtalénique; et permettent donc d'étendre à la série acénaphténique les conclusions formulées pour ces deux séries.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'ester éthylique du nitrile p-méthoxyphényloxaloacétique (2-cyano-p-méthoxyphénylpyruvate d'éthyle).* Note (*) de Mme **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant nos recherches sur la réactivité des acides phénylpyruviques *p*-substitués ([1]), ([2]), nous avons été amenée à étudier l'acide *p*-méthoxyphénylpyruvique (I), sa préparation, son comportement vis-à-vis des aldéhydes aromatiques. Les deux principales méthodes utilisées jusqu'à ce jour pour accéder à l'acide (I) sont, d'une part : la décomposition alcaline ([3]), ([4]) de la

---

([3]) Mme P. Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Bull.*, 5, 1947, p. 986.

(*) Séance du 6 mars 1950.

([1]) P. Cordier et D. Cagniant, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1130 et 1950.

([2]) *Ibid.*

([3]) Erlenmeyer et Witenberg, *Ann. der Chem.*, **337**, 1904, p. 299.

([4]) Article d'ensemble de H. E. Carter, *Org. Réactions*, Vol. III, p. 198.

2-phényl-4 (4-méthoxybenzal) oxazolone, obtenue par condensation de l'aldéhyde anisique avec l'acide hippurique ([5]), et, d'autre part, le traitement du produit de condensation de la rhodanine avec l'anisaldéhyde ([6]), ([7]). Dans le présent travail, nous avons essayé d'appliquer à la préparation de (I) une méthode analogue à celle utilisée pour l'obtention de l'acide phénylpyruvique ([8]), ([9]) : nous avons donc examiné la condensation du *p*-méthoxycyanure de benzyle avec l'oxalate d'éthyle sous l'influence de l'éthylate de sodium, en milieu alcoolique absolu. La préparation du *p*-méthoxycyanure de benzyle se fait facilement, avec un rendement de l'ordre de 75 %, à partir de l'alcool anisique, transformé en chlorure d'anisyle selon la méthode de R. S. Lishvits ([10]), puis en nitrile correspondant suivant la technique de J. Lée ([11]). La condensation du *p*-méthoxycyanure de benzyle, ainsi obtenu, avec l'oxalate d'éthyle, nous a conduit, avec un rendement de 80 % (à partir du nitrile), à l'obtention de l'ester *p*-méthoxyphénylpyruvique cyané (2-cyano-*p*-méthoxyphénylpyruvate d'éthyle) (II) :

$$\underset{(II)}{({}_{(p)}H_3CO){-}C_6H_4{-}CH(CN){-}CO{-}CO_2C_2H_5} \xrightarrow{SO_4H_2} \underset{(I)}{({}_{(p)}H_3CO){-}C_6H_4{-}CH_2{-}CO{-}CO_2H}$$

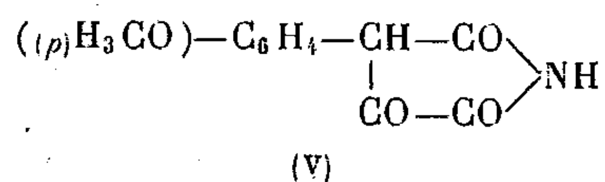
L'hydrolyse sulfurique de (II) nous a permis d'accéder à l'acide *p*-méthoxyphénylpyruvique, mais toutefois avec des rendements inférieurs à ceux obtenus dans le cas du dérivé non substitué. Cet acide (I) présente tous les caractères de celui décrit par les auteurs précités ([3]), ([4]), ([6]), ([7]), il donne avec Cl_3Fe une intense coloration verte. Nous avons étudié la condensation de (I) et de (II) avec les aldéhydes aromatiques, par chauffage en milieu acétochlorhydrique du mélange équimoléculaire de (I), ou de (II), et de l'aldéhyde considéré. Les α-oxo β-(*p*-méthoxyphényl) butyrolactones γ-substituées obtenues :

$$({}_{(p)}H_3CO){-}C_6H_4{-}\underset{\substack{|\\CO\\ \diagdown}}{CH}{-\!-}\underset{\substack{|\\O\\ \diagup}}{CH}{-}C_6H_4{-}R_{(p)}\ \ (\text{ring closed by } CO) \quad \left\{\begin{array}{l}(III)\ R = H,\\ (IV)\ R = OCH_3\end{array}\right.$$

sont identiques, que l'on parte de l'acide (I) ou de l'ester (II). La condensation à partir de (II) nous a permis d'isoler, à côté des lactones cherchées, un

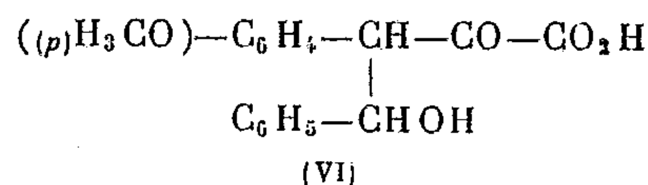
([5]) Erlenmeyer, *Ann. der Chem.*, 337, 1904, p. 267.
([6]) Gränacher, *Hel. Chim. acta*, 6, 1923, p. 462.
([7]) Girard, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1303.
([8]) Erlenmeyer, *Ann. der Chemie*, 271, 1892, p. 172.
([9]) Bougault, *J. Pharm. Chim.*, 7e série, 10, 1914, p. 302.
([10]) R. S. Livshits et coll., *J. Gen. Chem. U. S. S. R.*, 17, 1941, p. 1671-7.
([11]) *Jubilée*, Vol. Ém. Barell, 1946, p. 264-305.

composé intermédiaire (V), répondant très probablement à la formule



et résultant d'une hydrolyse partielle de (II).

Nous avons obtenu, pour les lactones (III) et (IV), deux isomères, le produit formé initialement au cours de la réaction se transformant par chauffage au bain d'huile en un deuxième de même structure. Dans le cas de la condensation de l'acide cétonique (I) avec l'aldéhyde benzoïque, nous avons réussi à isoler l'acide α-cétonique γ-alcool (VI), très instable par suite de sa transformation immédiate, en milieu acide, en lactone (III),

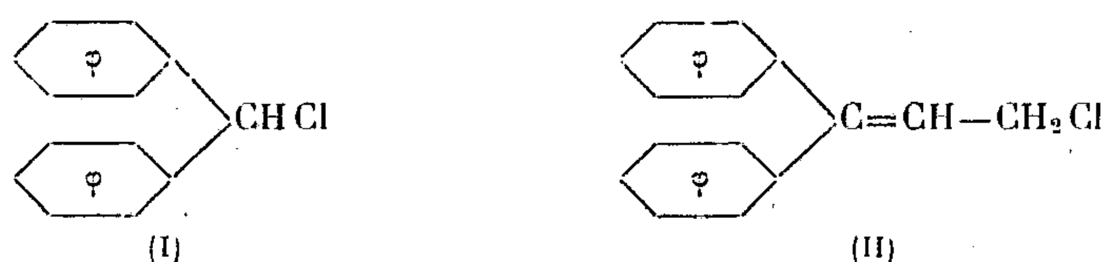


L'acide correspondant à la lactone (IV) n'a pu être isolé dans les mêmes conditions.

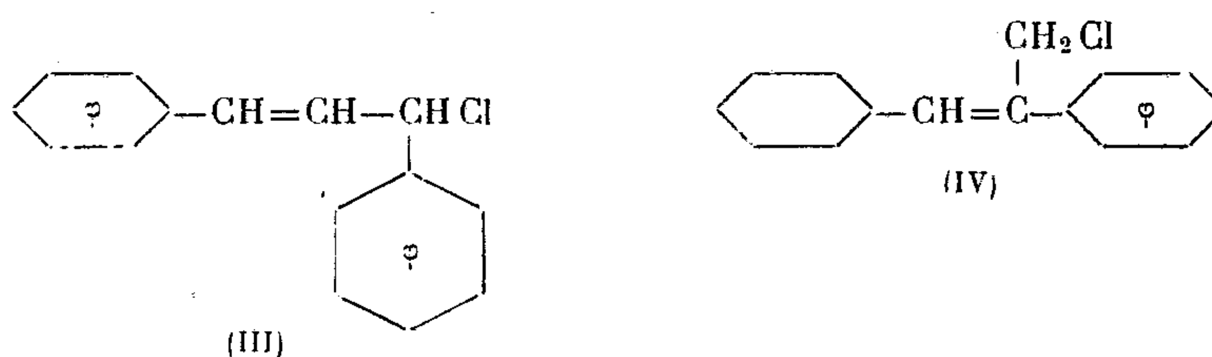
Description des corps nouveaux obtenus. — (II). $C_{13}H_{13}O_4N$, 2-cyano-*p*-méthoxyphénylpyruvate d'éthyle. F 94° (benzène-éther de pétrole), cristaux jaune clair, solubles dans les alcalis en raison de la structure énolique mise en évidence par une intense coloration brun noir avec Cl_3Fe. Titrable acidimétriquement : PM trouvé 248, calculé pour $C_{13}H_{13}O_4N$ 247. — (III). $C_{17}H_{14}O_4$, α-oxo β-(*p*-méthoxyphényl) γ-phénylbutyrolactone. Le produit de la condensation F_{inst} 170° se transforme, par chauffage au bain d'huile, en un autre produit F 180° [déjà signalé par Erlenmeyer [3] qui lui a attribué la structure (III)]. Les deux produits sont solubles dans la soude, insolubles dans le bicarbonate à froid, donnent avec Cl_3Fe une coloration verte. Le dosage acidimétrique direct du produit F 180° donne les résultats suivants : PM trouvé 281, calculé pour $C_{17}H_{14}O_4$ 282. Le dosage acidimétrique du produit F_{inst} 170°, après hydrolyse alcaline, donne : PM trouvé 285. — (IV). $C_{18}H_{16}O_5$, α-oxo $\beta.\gamma$-*p*-méthoxyphénylbutyrolactone. Une étude similaire conduit à l'obtention d'un produit F_{inst} 106° (dosage acidimétrique après hydrolyse alcaline : PM trouvé 316, calculé pour $C_{18}H_{16}O_5$ 312) qui se transforme sous l'action de la chaleur en un produit F 176° (dosage acidimétrique direct : PM trouvé 313). Les deux formes donnent une coloration verte avec Cl_3Fe — (V). $C_{11}H_9O_4N$, imide de l'acide *p*-méthoxyphényloxaloacétique. F_{inst} 274°, cristaux jaunes insolubles dans le benzène. Coloration brune intense avec Cl_3Fe. Dosage acidimétrique : PM trouvé 219, calculé pour $C_{11}H_9O_4N$ 219. — (VI). $C_{17}H_{16}O_5$. F_{inst} 83°. Ne se colore pas avec Cl_3Fe. Dosage acidimétrique : PM trouvé 298, calculé pour $C_{17}H_{16}O_5$ 300. Se transforme par la chaleur en lactone (III) F 180°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et réactivité : Influence de la structure sur la mobilité du chlore de chlorures d'allyle phényl-substitués.* Note (*) de M. **Henri Martin**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans un travail précédent ([1]) nous avions réservé toutes conclusions quant à la transmission de l'influence d'un résonateur (C_6H_5) par les doubles liaisons, le chlorure de benzhydryle (I) étant plus réactif que le chlorure de αα' diphénylallyle primaire (II),



Nous avons entrepris de nouvelles expériences en vue d'expliquer ce phénomène. Nous avons étudié les vitesses de réaction des deux chlorures ci-dessus, du chlorure du phénylstyrylcarbinol (III) et du chlorométhylstilbène (IV).



Les constantes de vitesse K pour la réaction avec le nitrate d'argent, molécule à molécule, en solution hydroacétonique à —10°C sont données dans le tableau suivant. La réaction est bimoléculaire, les temps sont mesurés en secondes.

1.	$C_6H_5-CH=CH-CHCl-C_6H_5$	(K) (*)..........	très grand
2.	$C_6H_5-CHCl-C_6H_5$	($K\,10^2$)...........	13
3.	$(C_6H_5)_2-C=CH-CH_2Cl$	»	7,1
4.	$C_6H_5-CH=CH-CH_2Cl$	»	0,90
5.	$C_6H_5-CHCl-CH=CH_2$	»	0,28
6.	$C_6H_5-CH=C(CH_2Cl)-C_6H_5$	»	0,15

(*) N'est pas mesurable dans les conditions de l'expérience.

Pour interpréter les résultats de ce tableau, on doit accorder un rôle très important à la répartition des résonateurs par rapport à la double liaison et au carbone fonctionnel $-CH_2Cl$.

(*) Séance du 6 mars 1950.

([1]) C. Prévot et H. Martin, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1626-1628.

En effet dans le corps 1 les polarités sont concordantes et le carbone fonctionnel est secondaire, l'ionisation de la liaison —CH—Cl est très facile comme le montre la très grande réactivité du chlore. Il est possible que la molécule 3 ne soit pas plane (comme le montre une épure faite à l'échelle des grandeurs et distances atomiques : les deux hydrogènes les plus voisins sur les noyaux se recouvrent partiellement) et, cet empêchement à la planéité diminuant la résonance malgré la concordance des polarités, les différences de vitesse entre les corps 2 et 3 deviennent explicables et cela d'autant plus que le nitrate d'argent est un réactif peu sensible à l'empêchement stérique.

Le corps 5 est un peu moins réactif que le corps 4, ce qui est dû, semble-t-il, à une plus faible conjugaison dans le corps 5, comme le montrent les mesures physiques ([2]).

Le corps 6 est le moins réactif de la série; cette faible réactivité s'interprète, sans tenir compte de l'empêchement stérique, par une discordance des polarités ou, ce qui revient au même, en admettant une diminution de la conjugaison par substitution d'un carbone porteur de la double liaison (données spectrales inédites).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation d'un composé cristallisé de triéthanol amine et d'aluminate de sodium.* Note (*) de MM. **Pierre Boivinet** et **Édouard Calvet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

L'addition de triéthanolamine à des solutions convenablement choisies d'alumine dans des lessives de soude, donne un composé cristallisé défini, dont la composition et les propriétés semblent correspondre à un aluminate double sodico-organique, corps non mentionné dans les publications.

La littérature chimique renferme quelques renseignements sur les outremers organiques ([1]), mais nous n'avons pas trouvé mention de composés organiques définis de l'aluminate de sodium.

Or, il semble bien que de tels composés existent : nous avons, en effet, observé la formation de cristaux bien caractérisés, par addition de triéthanolamine dans des solutions d'aluminate de sodium de concentration convenable.

La teneur en soude de ces solutions peut varier de 250 à 350 g/l, calculée en Na_2O. La teneur en alumine correspond à des rapports moléculaires caustiques (rapport de la concentration moléculaire en soude à la concentration moléculaire en alumine $[Na_2O]/[Al_2O_3]$) variant de 1,3 à 1,9.

Ces solutions, comme d'ailleurs la triéthanolamine, sont très visqueuses et

---

([2]) H. Martin et N. Quang Trinh, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 688-690.

(*) Séance du 6 mars 1950.

([1]) *Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie Aluminium*, Teil B, Lieferung 2, 1934, p. 447.

les cristaux se localisent aux interfaces de contact. Pour préparer des quantités notables, il est nécessaire d'agiter mécaniquement à froid, ou mieux, de chauffer vers cent degrés jusqu'à l'obtention d'une phase unique, puis de laisser refroidir, très lentement, dans un vase de Dewar. On obtient alors de beaux cristaux dont les dimensions peuvent excéder le centimètre.

Ces cristaux se présentent en lames minces, transparentes, incolores, de contour irrégulièrement hexagonal, parfois en losanges. Ils semblent appartenir au système hexagonal, l'axe L_6 étant parallèle aux plans de clivage.

Divers échantillons ont été préparés en variant les proportions relatives des constituants et surtout les modes de purification : clairçage, essorage sous presse, recristallisations successives dans l'aluminate de soude. Leur analyse centésimale a donné des résultats d'une concordance satisfaisante :

Al : 10,8 % ; Na : 9,8 % ; N : 5,3 % ; C : 28,8 % ;

Perte au feu : à 300° : 58,4 % ; à 1000° : 65,6 %.

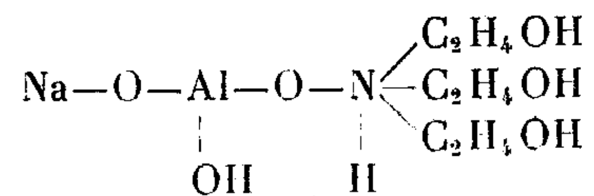
Cette constance de l'analyse stœchiométrique constitue encore avec la permanence de la forme cristalline caractéristique, le plus pratique des critères d'identité du corps.

Les différents échantillons ont été étudiés suivant la technique Debye-Scherrer, au laboratoire des rayons X du centre national de la Recherche scientifique de Marseille, par MM. Michaud et Maret qui ont montré que tous donnent le même spectre caractéristique et ont permis de préciser les symétries cristallographiques.

Bien desséchés et débarrassés de leurs eaux mères, les cristaux se décomposent, sans fondre, vers 250°. Ils sont très solubles dans l'eau où ils s'hydrolysent lentement en libérant de l'hydrargillite $Al(OH)_3$. Ils se dissolvent et se décomposent de même dans le méthanol, l'éthanol, et d'une manière générale dans les solvants polaires.

Les solvants non polaires ne les dissolvent pas.

Sous toutes réserves, nous croyons pouvoir proposer pour le corps la formule provisoire suivante :



qui est en accord satisfaisant avec les résultats des analyses centésimales et avec le fait que l'alumine colloïdale ou fraîchement précipitée est soluble dans la triéthanolamine.

De toute manière, il nous a paru intéressant de signaler l'existence d'un complexe organique aluminoalcalin, corps qui ne doit pas être unique de son espèce, et nous pensons que ces premiers résultats peuvent être utilement approfondis et étendus, d'une part, à d'autres oxydes amphotères et, d'autre part, à d'autres molécules organiques analogues à la triéthanolamine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de mono- et diacylguanidines aromatiques.* Note (*) de MM. **Roger Perrot** et **Albert Barghon**, présentée par M. Louis Hackspill.

Rappel des principaux modes d'obtention des acylguanidines et application aux cas des benzoyl, — paranitrobenzoyl — et paraminobenzoylguanidines dont les propriétés sont décrites. La benzoylation de ces bases par l'anhydride benzoïque conduit aux diacylguanidines, composés hydrolysables en diacylurée.

Trois modes de préparation importants des monoacylguanidines peuvent être cités :

1° Action des chlorures ou anhydrides d'acides sur les sels de guanidinium conduisant à des sels d'acylguanidinium ([1]).

2° Action des esters sur la guanidine alcoolique, méthode commode d'obtention de la base libre ([2]). L'emploi de benzoate d'éthyle a permis à Traube d'isoler la benzoylguanidine (I). Ayant eu besoin d'autres bases pour nos recherches, nous avons préparé la paranitrobenzoylguanidine (II) et la paraminobenzoylguanidine (III) en engageant le paranitrobenzoate d'éthyle, ou mieux de *n*-propyle plus soluble dans l'alcool, et le paraminobenzoate d'éthyle.

A côté de l'acylguanidine on isole le sel de guanidinium correspondant. Pour la préparation de (III) il est indiqué de ne pas opérer en solution trop concentrée afin d'éviter la précipitation du paraminobenzoate de guanidinium moins soluble dans l'alcool que (III); au contraire, (II) est très peu soluble dans l'alcool.

3° Action d'esters sur une solution alcoolique d'un sel de guanidinium en présence d'éthylate de sodium ([3]).

Nous avons essayé ce procédé dans les cas de (I), (II) et (III). A des solutions équimoléculaires de thiocyanate de guanidinium et d'éthylate on ajoute la quantité calculée d'ester. Avec le paranitrobenzoate de propyle il se forme rapidement un précipité de (II), alors que (I) et (III) ne sont pas isolables dans des conditions similaires. La méthode est applicable si l'acylguanidine est peu soluble dans le milieu alcoolique.

Les monoacylguanidines forment des sels en milieu aqueux et subissent aisément une coupure hydrolytique en milieu acide ou alcalin.

Détails expérimentaux. — La guanidine est obtenue à partie du sulfate ou du nitrate de guanidinium; la benzoylguanidine est préparée selon Traube en amorçant la précipitation par quelques cristaux de cette base.

(*) Séance du 6 mars 1950.

([1]) G. Korndörfer, *Arch. Pharmaz.*, 241, 1903, p. 450.

([2]) W. Traube, *Ber.*, 43, 1910, p. 3586; H. Lund, *Ber.*, 69, 1936, p. 1626; J. K. Simons et W. I. Weaver, *U. S. P.* 2408694, 1946.

([3]) A. Michael, *Journ. prakt. Chem.*, 49, 1894, p. 41.

Paranitrobenzoylguanidine. — *a.* $5^g,2$ d'ester propylique dans 20^{cm^3} d'alcool et 2^g de guanidine alcoolique à 74 % (1^{mol} pour 1^{mol}) sont abandonnés douze heures. On essore les cristaux et les lave à l'eau ; on recueille $2^g,9$ de (II), cristaux jaunâtres insolubles dans l'eau et le benzène, un peu solubles dans l'alcool et le dioxane, fondant, après deux cristallisations dans l'alcool, à 262° corr. (déc.). N trouvé 26,87 % (Dumas), calculé pour $C_8H_8O_3N_4$ 29,93 %. Les eaux de lavage renferment du paranitrobenzoate de guanidinium F 256-257° (alcool). N trouvé 24,64 %, calculé pour $C_8H_{10}O_4N_4$ 24,78. *b.* A $84^g,5$ de thiocyanate de guanidinium dissous dans 300^{cm^3} d'alcool, on ajoute 300^{cm^3} de solution d'éthylate à $16^g,5$ Na, puis 150^g d'ester propylique dans 50^{cm^3} d'alcool. On agite le mélange pendant trois heures et l'on isole, par filtration et par lavage à l'eau tiède, 92^g de (II), Rdt 62 %. Chlorhydrate (alcool) F 242-244°. Cl trouvé 14,2 % (Volhard), calculé pour $C_8H_9O_3N_4Cl$ 14,5.

Paraminobenzoylguanidine. — A une solution tiède de 24^g d'ester dans 50^{cm^3} d'alcool on ajoute 10^g de guanidine alcoolique à 84 % et l'on maintient le mélange trois jours à 50°. On évapore l'alcool, on broie le résidu solide avec deux fois 25^{cm^3} d'eau, on le sèche et on le traite par 50^{cm^3} de benzène qui dissout l'ester en excès. Il reste $8^g,3$ de (III) brute (Rdt 32 %) F 101-104°. Chlorhydrate (alcool) F 285-287° déc. ; Cl trouvé 16,3 %, calculé pour $C_8H_{11}ON_4Cl$ 16,52. La base pure s'obtient en agitant 2^g de chlorhydrate dans 100^{cm^3} d'eau avec 2^g Ag_2O ; la solution concentrée à $7\text{-}8^{cm^3}$ abandonne $1^g,5$ d'aiguilles fondant à 103-105°. N trouvé 31 % (Kjeldahl), calculé pour $C_8H_{10}ON_4$ 31,46. L'hydrogénation de (II) en présence de Ni donne un produit moins pur.

Les eaux de lavage du produit de réaction renferment du paraminobenzoate de guanidinium fondant à 233-234° (déc.). N trouvé 28,5 % (Kjeldahl), calculé pour $C_8H_{12}O_2N_4$ 28,57 ([4]).

Diacylguanidines R—CO—NH—C(=NH)—NH—CO—R′. — La dibenzoylation de la guanidine se fait facilement par action de l'anhydride benzoïque sur la guanidine ou sur (I) en milieu pyridinique à 85° ([5]). Nous avons benzoylé (II) et (III).

a. On chauffe 12 heures en tube scellé 2^g de (II) et $2^g,3$ d'anhydride dans 40^{cm^3} de pyridine et l'on verse le mélange dans 300^{cm^3} d'eau. La paranitrobenzoyl-benzoylguanidine (IV) précipitée fond, après cristallisation dans l'alcool, à 176° (Rdt 80 %). N trouvé 17,95 % (Dumas), calculé pour $C_{15}H_{12}O_4N_4$ 17,95.

b. D'une manière analogue (III) est convertie en paraminobenzoyl-benzoylguanidine (V) fondant vers 190°. Un produit plus pur est obtenu en réduisant $0^g,5$ de (IV) par 104^{cm^3} H_2 (calculé 108) en présence de nickel Raney. Une extraction à l'alcool et une précipitation par l'eau donnent $0^g,38$ de (V), F 192-193° (xylène). N trouvé 19,8 % (Kjeldahl), calculé pour $C_{15}H_{14}O_2N_4$ 19,86.

([4]) R. Perrot et A. Barchon, *Bull. Soc. Chim.*, 1947, p. 191.
([5]) R. Perrot et A. Perret, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 20.

c. Hydrolyse. — On chauffe $0^g,5$ de (IV) 30 minutes dans 80^{cm^3} d'alcool à 50 % additionné de 2^{cm^3} HCl. Il se dépose par refroidissement $0^g,1$ de paranitro-benzoyl-benzoylurée F 191° déc. N trouvé 13,8 %, calculé pour $C_{15}H_{11}O_5N_3$ 13,42. On isole en outre les acides benzoïque et paranitrobenzoïque.

Nous avons déjà signalé que la dibenzoylguanidine, F 170°, conduit dans ces conditions à la dibenzoylurée symétrique.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie du primaire de Tifrit, près de Saïda* (département d'Oran). Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

Les schistes de Tifrit, à 30^{km} au Nord-Est de Saïda, ont été signalés par G. M. B. Flamand (¹). Ils constituent le seul affleurement primaire des Hauts Plateaux algériens, mis à part, à la frontière marocaine, le horst de Ghar Rouban.

Le bloc primaire, tranché vers le haut par la pénéplaine post-hercynienne, supporte une puissante couche (80^m) de balsates altérés, encadrés entre des calcaires mal datés, peut-être infraliasiques, et couronnés par des dolomies et des calcaires liasiques (²). Sous cette couverture, le primaire apparaît en fenêtre dans la vallée de l'Oued Tifrit; aussi Flamand parlait-il d'un *anticlinal de Tifrit*; il s'agit plutôt du rebord d'un vaste socle qui s'abaisse doucement vers le Sud-Est et présente là des cassures à faible rejet de sens quelconque, tandis qu'il est rompu vers le Nord et l'Ouest par de grandes failles à rejet considérable (1000^m et plus) de direction variable oscillant autour du Nord-Est-Sud-Ouest. Étant donné la forme massive de ce bloc, je propose de l'appeler *môle de Tifrit*. Flamand y avait décrit un *Silurien azoïque*, et des poudingues siliceux qu'il rapportait avec doute au Permien; il avait reconnu l'existence de nombreuses roches éruptives parmi lesquelles un granite, défini depuis par MM. Bétier et Roubault (³).

Deux missions effectuées en 1946 et 1949, pour le Bureau des Recherches Minières de l'Algérie, m'ont permis de préciser la stratigraphie de ce Primaire.

En 1948, j'ai décrit (⁴) le premier terme : schistes et quartzites, phtanites à Graptolites, schistes gris, satinés, en dalles.

Sur ce Gothlandien, repéré dans la vallée de Tifrit entre les carrières et Sidi Mimoun, retrouvé depuis à l'Ouest du Dj. Aouzater, repose, près de Sidi Mimoun (Nord-Ouest du Dj. Lakhdar), un complexe puissant (peut-être 2000^m) composé d'abord de schistes, puis de schistes à bancs de grès durs, s'enrichissant graduellement en bancs de *microbrèches*, roches détritiques à ciment

(¹) *Recherches géologiques et géographiques sur le Haut Pays de l'Oranie et sur le Sahara*, Lyon, 1911.

(²) G. Dubar, *C. R. Somm. S. G. F.*, 1932, p. 106.

(³) *Comptes rendus Somm. S. G. F.*, 1936, p. 205.

(⁴) *Comptes rendus Somm. S. G. F.*, 1948, p. 152.

argilo-siliceux, à débris de schistes et de phtanites, associés à des quartz anguleux mal triés, qui m'ont fourni dans le Bled Beida (carte au 200000), une florule de Psilophytales (*Halyserites*), déterminées par le Chne Carpentier, et décrite par ailleurs ([5]) : c'est du Dévonien moyen. La présence de bancs très grossiers (galets de 5 à 6^{mm}), remaniant les phtanites, semble bien impliquer une transgression, et peut-être une discordance entre Gothlandien et Dévonien : il y aurait eu des *mouvements calédoniens*.

Tout un complexe, qui correspond au Permien de Flamand, repose sur les termes déjà décrits par une discordance angulaire splendide, qui caractérise nettement les *plissements hercyniens*. Ce complexe constitue deux synclinaux, l'un, peu profond, un peu au Nord du confluent de l'Oued Chaba et de l'Oued Tifrit, l'autre beaucoup plus important, qui domine au Sud le Teniet Sidi Mimoun, depuis le Bled Beida jusqu'au ravin qui tranche au Nord le Dj. Aouzater. On y reconnaît successivement :

Un poudingue à ciment schisteux, à galets de Dévonien atteignant 80^{cm}; il forme une couche de 20 à 30^{m} à la base de la série, et, par ailleurs, constitue un faciès compréhensif, par lequel tous les termes de la série ci-dessous reposent sur des microbrèches.

Un poudingue (10^{m}) à ciment siliceux, formé exclusivement de phtanites noirs ou gris en galets de 1 à 3^{cm}, et qui passe fréquemment, latéralement ou vers le haut, à des grès contenant des débris de plantes, des Brachiopodes, des Crinoïdes; des schistes gris (100^{m}) à débit noduleux, tendres; près du Koudiat el Beida, un très beau gisement fossilifère m'a fourni 41 espèces réparties en 26 genres, parmi lesquelles *Productus hemisphericus* Sow., *Pr. striatus* Fischer, et d'autres formes très caractéristiques du Viséen supérieur (D_2 de la classification anglaise).

Des brèches volcaniques (200^{m}) à lapilli rhyolitiques alternant avec des schistes tendres, gris foncé, à débit noduleux; elles passent. comme les autres termes, au poudingue de transgression, qui a fourni à ce niveau (ravin extrême Nord du Dj. Aouzater) une jolie faune, apparemment du même niveau que la précédente.

Sans qu'on puisse observer les relations stratigraphiques, le tout est sans doute couronné par un complexe de coulées et de brèches basaltiques et par une très puissante masse de rhyolite (Aïn Soltane).

En résumé, le Primaire de Tifrit comporte du Gothlandien à Graptolites, du Dévonien moyen à plantes, un très beau Viséen supérieur fossilifère, avec volcanisme; on y reconnaît l'existence de mouvements calédoniens et de plissements hercyniens.

([5]) Note destinée aux *Comptes rendus Somm. S. G. F.*, 1950.

GÉOLOGIE. — *Sur les lacunes de la sédimentation crétacée dans les environs de Jérusalem.* Note (*) de M. **Moshé Avnimelech**, présentée par M. Maurice Gignoux.

Ces lacunes, marquées par des absences de sédimentation ou par des intercalations de faciès continentaux ou littoraux, portent surtout sur le Turonien (au moins inférieur) et sur le Sénonien inférieur.

On croyait jusqu'à présent, dans les environs de Jérusalem, à une *succession continue* depuis le Cénomanien jusqu'au sommet du Sénonien ([1]). Or déjà, plus au Sud, j'avais découvert dans le Negev (Sud de la Palestine) un Turonien sup. marin reposant en discordance sur les Grès de Nubie (faciès continental du Crétacé inf.) et séparé du Sénonien sup. par une autre lacune ([2]). Ainsi il y a eu au Turonien de fréquents déplacements de la limite mer-continent, conformément à la synthèse générale de L. Picard ([3]).

Mais, pour les environs de Jérusalem, cette synthèse doit être modifiée comme suit.

Là, le *Cénomanien* sup. montre au moins deux oscillations. La plus ancienne correspond au niveau à Orbitolines intercalé ici dans une série de calcaires marneux conglomératiques. Ce même niveau contient dans le Carmel des lits à perforations (de Lithodomes ?), de petites lentilles de grès et des grains de glauconie. Une discontinuité plus récente est marquée par des calcaires en plaquettes, avec magnifiques empreintes de Poissons téléostéens et de Végétaux continentaux. Le Cénomanien se termine par un épais complexe de dolomies grises passant à des calcaires dolomitiques rosâtres ou rouge violacé.

Sur cette série, après une lacune d'érosion, vient un calcaire cristallin, d'abord également rouge, puis devenant blanc clair, récifal, contenant surtout des Rudistes, des Huîtres et d'innombrables Milioles et Alvéolines. C'est là le niveau le plus bas du *Turonien* dans les environs de Jérusalem ; mais, d'après sa faune, il appartient déjà au Turonien sup. Le sommet du Cénomanien et le début de ce Turonien sont souvent criblés de perforations (Lithodomes ?). Parfois on trouve dans la base du Turonien des conglomérats

---

(*) Séance du 6 mars 1950.

([1]) M. Blanckenhorn, *Zeitschr. deutschen Palästina-Ver.*, 28, 1905, p. 75 et *Zeitschr. deutschen geol. Ges.*, 57, Monatsber., 1905 ; N. Shalem, *Boll. Soc. geol. italiana*, 46, 1927 ; G. S. Blake, *Geology and Water Resources of Palestine*, Jérusalem, 1928 et *The Stratigraphy of Palestine and its Building Stones*, Jérusalem, 1935 ; L. Picard, *Bull. geol. Dept. Hebrew Univ. Jérusalem*, 1938.

([2]) *C. R. Soc. géol. France*, 1949, p. 142 et 204, et *Bull. Soc. géol. France*, (5), 20, 1950 (à paraître).

([3]) *Bull. geol. Dept. Hebrew Univ. Jérusalem*, 4, nos 2, 4, 1943, p. 32.

et des éboulis, tantôt continentaux, tantôt littoraux, à blocs énormes de roches cénomaniennes cimentés par un calcaire marneux décalcifié avec de fréquentes taches latéritiques; ces immenses blocs peuvent souvent faire croire à du Cénomanien en place; ils sont bien visibles en ville, par exemple près du Collège Terra sancta et à l'Ouest du Consulat de France, dans l'Avenue Saint-Julien.

Le calcaire récifal à Rudistes (connu sous le nom local de *Méleké*) est lui-même peu régulier et il est surmonté par un calcaire blanc stylolithique, alternant avec des lits très irréguliers d'un calcaire à nodules arrondis qui simulent des pisolithes, mais représentent en réalité un conglomérat calcaire de remaniements sous-marins en eaux peu profondes. Ce niveau se termine par un calcaire à Actéonelles, à concrétions siliceuses et à petites lentilles de grès. Tous ces faciès indiquent des oscillations fréquentes du niveau de la mer et des côtes au Turonien.

Le *passage du Turonien au Sénonien* est assez variable. Au Mont Scopus (à l'Est de la ville), au-dessus des dits bancs à Actéonelles, viennent quelque 30^{m} d'un calcaire gris sans fossiles (sauf rares Foraminifères); c'est la base de couches santoniennes, caractérisées par des *Mortoniceras*. Ce même horizon n'est pas connu au Sud de la ville, où le Turonien passe presque insensiblement à un calcaire tendre marqué de taches caractéristiques, rougeâtres-latéritiques, en auréoles concentriques. Ces taches ne sont pas, comme on l'a cru parfois, caractéristiques pour le Santonien, mais se retrouvent à des niveaux différents, et sont causées sans doute par des enduits continentaux; généralement il existe une délimitation nette entre les deux formations, sous forme d'une pellicule irrégulière d'argile rousse; cette argile recouvre la surface abrasée des calcaires turoniens, lesquels sont imprégnés par des sels ferriques rouges, ce qui les rend difficiles à distinguer des couches sénoniennes inférieures. Parfois une discontinuité par érosion peut s'observer nettement, par exemple à quelque 2^{km} au Sud de la gare, sur les deux côtés de la route de Bethléem, à l'Est de la Vallée de Rephaïm, où une craie sénonienne typique, rougeâtre à la base, repose sur le Cénomanien sup. raviné, sans interposition de Turonien; entre les deux formations s'intercale irrégulièrement un conglomérat-brèche cimenté par un calcaire décalcifié, avec taches latéritiques.

La masse principale du *Sénonien* est formée d'une craie blanche typique, à Microforaminifères planctoniques, avec quelques lits de silex près du sommet. Au Sud de la ville, le Sénonien se termine par un calcaire siliceux bariolé, sans fossiles, souvent avec petits lits de gypse [« mottle zone » de L. Picard (1)]. C'est une partie du soi-disant « Danien » palestinien, représenté surtout par

(1) *Geological researches in the Judean Desert*, Jérusalem, 1931.

un calcaire bitumineux à *Pecten obrutus* Conrad. Ce faciès est bien connu dans le Désert de la Judée, le Negev, le Sinaï; et il est certainement lacustre, palustre, ou lagunaire; parfois c'est une formation plus ancienne, altérée par les actions atmosphériques au Danien.

TECTONIQUE. — *Sur les plis jurassiens à l'Ouest de Saint-Claude.* Note de M. **Henri Vincienne**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Ces plis offrent des exemples frappants de la structure dans le Sud du Jura. Coupés par la Bienne, ils comprennent de Saint-Claude à Vaux : 1° l'anticlinal de Chevry-Avignon; 2° la zone synclinale de Lavans-Saint-Lupicin; 3° l'anticlinal de Vaux-Saint-Romain. Les anticlinaux 1 et 3 sont déversés, le premier vers l'Ouest, comme la plupart des anticlinaux de l'Est du Jura, le deuxième vers l'Est.

1. L'*anticlinal de Chevry* présente la structure habituelle aux grands anticlinaux du Sud du Jura. Le flanc Est, normal, de l'anticlinal apparaît, sur les parois Nord de la vallée, comme chevauchant, selon un plan incliné de 15 à 30° vers l'Est, sur le flanc Ouest, déversé, du pli. Ce dernier flanc constitue, au Nord du barrage d'Étables, un éperon rocheux, montant à peine à mi-versant, composé des assises du Rauracien au Portlandien, subverticales au fond de la vallée, puis s'infléchissant progressivement vers l'Ouest. Il chevauche à son tour la zone synclinale de Lavans, selon un plan incliné de 20° vers l'Est; mais, au niveau de la Bienne, ce plan se redresse presque à la verticale et l'on peut voir, à l'aval du barrage, le contact anormal, NE-SW, suivi en gorge sur 600^{m} par la rivière entre l'Hauterivien au Nord-Ouest et le Jurassique supérieur au Sud-Est. Vers le Sud, en même temps que le pli s'exalte, le contact chevauchant s'infléchit pour passer à l'Ouest du Truffet, qui représente lui aussi le flanc inverse (Jurassique sup.) de l'anticlinal, recouvrant l'Urgonien synclinal, selon un plan incliné de 30° vers l'Est. Sur le massif même du Truffet, le flanc normal chevauchant a disparu par érosion. Des failles, postérieures au chevauchement, découpent en coin, au Nord-Ouest et à l'Ouest de Chevry, le bord du noyau médiojurassique et le font buter sans chevauchement contre le massif du Truffet (faille NE-SW), puis plus au Sud contre le Crétacé synclinal (faille N-S). Elles semblent se poursuivre sans rejet appréciable au delà des limites du coin considéré et ont dû être préparées par une fissuration antérieure.

2. La *zone synclinale de Lavans* est complexe. Depuis Molinges, son fond s'accidente d'un bombement axial, qui n'acquiert la valeur de pli qu'au delà d'un accident transversal N 1° à 12° W; celui-ci naît à l'Ouest de la Bataille (1^{km} Nord d'Etables), rejette le bord Ouest de l'ant. d'Avignon, passe à l'Est de Cuttura, puis se dirige vers les Crozets. Il a facilité l'exaltation des plis de sa lèvre Est et déterminé sur son trajet, de Ponthoux à Ravilloles, un soulève-

ment du Crétacé et du Portlandien en une sorte d'ondulation transversale. A l'est de l'accident, toute la zone est remplacée, du Nord au Sud, par le syncl. de Leschères, l'ant. du Bois de Cuttura, le syncl. du Bois de Lésigna et de Grand-Essart, lui-même accidenté, près du Pré Trainé, d'un bombement, faillé en long selon son axe et sur ses bords. 200^m à l'Ouest de Valfin, l'ensemble est recoupé par un autre accident, parallèle au premier, retroussant les couches sur son parcours.

A l'Ouest de l'accident de la Bataille-les Crozets, la zone synclinale est divisée en deux par son bombement axial : à l'Est le syncl. de Ponthoux, à l'Ouest celui de Pratz. Le premier se complique au Sud de Ponthoux, de part et d'autre de la Bienne, d'un écaillement de son flanc Onest, le flanc Est n'apparaissant pas : en amont du Moulin de Lison, la série crétacée se répète en une écaille, largement chevauchante et qui présente elle-même, au Nord de la Bienne, une tendance à replis et cassures chevauchantes : de là cet étagement de corniches urgoniennes sur le versant jusqu'aux abords de la Bataille. L'écaillement est en rapport avec le serrage exercé sur le bord du synclinal par l'anticlinal chevauchant et dérive d'un replissement du Crétacé, semblable à celui des Bois Thier et de Marignat.

Le synclinal de Pratz est également rendu complexe : *a.* par un repli, qui forme à l'Est du Patey une longue ride valanginienne; *b.* par le chevauchement de son flanc Ouest, redressé ou déversé, sur son flanc Est à faible pendage; c'est à la faveur de ce recouvrement que se trouve pincée entre les deux flancs une lame de Portlandien, à l'Ouest du Patey, sur 2^{km},5.

3. L'*anticlinal de Vaux* ne nous intéressera que par sa bordure Est. Au Nord-Est de Vaux, sur la droite de la Bienne, la retombée Est de l'anticlinal, renversée à la base, nous fournit un bel exemple de chevauchement, comme aux Neyrolles : elle repose sur le flanc normal, crétacé, subhorizontal, du synclinal de Pratz, selon un plan incliné d'environ 20° vers le Nord-Ouest. La poussée de l'anticlinal a retroussé la corniche urgonienne de la série synclinale, sur son bord Ouest. Postérieurement au chevauchement, une faille verticale, longitudinale, a mis en contact brutal, à l'Est de la chapelle de Saint-Romain, le flanc déversé de l'anticlinal contre le noyau médiojurassique, soulevé, de celui-ci : le contact prend en écharpe les assises du Jurassique supérieur. Au Sud de Chiriat, les faits sont analogues.

Vers le Nord, des accidents transversaux, environ N 30° W, recoupent la bordure Est de l'anticlinal, la décalent, la dénivellent en touches de piano, et expliquent les variations structurales qu'on observe entre les sections délimitées (accidents de Saint-Romain, de Molinges — carrières de la Valière, de Pratz — Pré Ron, des Louvières). Certains sont composites et formés localement de sections qui se prolongent presque sans rejet, dans les terrains voisins. Le plus important, celui de Molinges, a favorisé, ou Nord de la Bienne, l'exhaussement considérable de sa lèvre Est, le décalage apparent

vers le Nord-Ouest des éléments de celle-ci, la disparition des flancs déversés de l'anticlinal de Vaux et du synclinal de Pratz.

Sans revenir sur des conclusions antérieures, nous soulignerons la multiplicité des accidents postérieurs aux plis et chevauchements; ils altèrent souvent la structure originelle, peuvent masquer l'importance réelle des recouvrements et entraîner une fragmentation et une redistribution, en compartiments abaissés ou soulevés, des éléments du pli. Ils peuvent provenir d'un rejet partiel d'accidents antérieurs, sans rejet appréciable; ces derniers, très nombreux, se traduisent dans le détail de la morphologie et sont décelables à l'examen des stéréophotos d'avion.

MÉTÉOROLOGIE. — *Prospection aérologique et expériences de déclenchement artificiel de la pluie en planeur dans la région de l'observatoire du sommet du Puy de Dôme*. Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours de vols effectués en planeur monoplace libre, on observe : 1° des ascendances dues à des ondes atmosphériques de basse altitude; 2° la formation de la pluie par turbulence dans des nuages à température positive; 3° le déclenchement de la pluie dans des nuages de même type, par ensemencement de poudre impalpable inerte.

Au cours de l'été 1949, nous avons effectué, selon nos possibilités, une quarantaine d'heures de vols expérimentaux en planeur. Les divers essais ont été menés avec la collaboration des services locaux de l'aviation et de ceux de la Météorologie nationale. Les buts poursuivis étaient les suivants :

1° Recherche des situations d'ascendances et prospection des phénomènes ondulatoires de l'atmosphère ([1]).

2° *a*. Observation de la pluie au sein des nuages.

b. Déclenchement artificiel de la pluie.

Les vols ont été effectués sur planeur monoplace de performance, équipé des instruments de vol normal et de pilotage sans visibilité, appartenant au Service de l'Aviation légère du Ministère de l'Air. Les essais de déclenchement artificiel de la pluie ont été réalisés de la manière suivante ([2]).

Le pilote emporte à bord du planeur une charge de poudre impalpable, inerte ou active, dont la vitesse de chute propre, lorsqu'elle est disséminée dans l'air saturé d'humidité, est inférieure à la vitesse ascensionnelle de la masse d'air à étudier. Lorsque le pilote a réussi à s'élever jusqu'à la base du nuage et si la vitesse ascensionnelle de la masse d'air dans cette région est convenable (3 à 5 m/sec) il met le planeur en spirale horizontale, puis il lâche

---

([1]) Recherches antérieures, H. Garrigue, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 507.

([2]) H. Garrigue, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1658.

en fin filet la charge de poudre. Celle-ci se répand dans l'air et monte au sein du nuage, tandis que le planeur reste en dehors de la masse ainsi ensemencée.

Lorsque l'opération est terminée, le pilote, par le jeu des commandes, peut se maintenir à la même altitude, afin d'effectuer ses observations, ou bien, s'il le juge nécessaire, faire une incursion dans le sein de la masse nuageuse, afin d'en rechercher la constitution. De plus, les expériences ayant lieu dans le voisinage de l'Observatoire (altitude 1465^m) il est possible de connaître, à partir de cette station, la structure du système nuageux étudié.

Résultats. — 1° En dehors des ascendances dues à l'échauffement du sol ou à la condensation de la vapeur d'eau en nuages, d'autant plus marquées que l'atmosphère est plus instable, des ascendances d'ondes de basse altitude ont été détectées. Elles sont toujours caractérisées par un écoulement non turbulent de l'air et ne paraissent se déclencher, pour un vent horizontal donné, que lorsque l'atmosphère présente une certaine instabilité. Des nuages lenticulaires peuvent se former alors à basse altitude, si l'humidité de l'air est suffisante. Comme les nuages lenticulaires élevés, ils sont à peu près fixes dans l'espace et sont en rapport avec le relief du sol ([3]).

2° *a.* Quelques observations très caractéristiques ont été faites, soit sur gros cumulus, soit sur des grains orageux. Des zones de bruine à température positive ont été traversées dans la partie supérieure du nuage de moyenne altitude par le planeur. Puis les rideaux de pluie fine sont apparus à la base du nuage, enfin, après un laps de temps assez court, une demi-heure au maximum, une averse est tombée jusqu'au sol.

b. Un essai d'ensemencement de la masse nuageuse a été réussi au moyen de poudre inerte (silicates) sur cumulus dit *de beau temps* à température positive et extrêmement turbulent. On a observé au cours du vol, quelques dizaines de minutes après l'opération et seulement sous le nuage ensemencé, l'apparition de rideaux de bruine.

Il est important de remarquer que, dans les observations *a* et *b*, et dans les observations similaires, on n'a jamais trouvé que la vitesse ascensionnelle de l'air au sein du nuage tombe à zéro lorsqu'il pleut : ce fait doit provoquer une *sélection* de la masse des gouttes de pluie susceptibles d'arriver jusqu'au sol, *alimenter* le nuage en vapeur d'eau et l'entretenir en état de résolution en pluie jusqu'à un stade avancé d'épuisement.

Conclusions. — Les observations *a* et les observations similaires démontrent une fois de plus que le brassage d'un nuage à température positive a pour effet de le résoudre en pluie. Ce résultat vient confirmer les conclusions tirées de l'expérience directe en montagne ([2]). Il semble enfin, d'après les dernières

---

([3]) On sait que des phénomènes identiques existent sur les mers, nous en avons observé de nombreux en avion. L'influence du relief doit alors être remplacée par celle des inégalités de densité et de vitesse des diverses masses d'air mises en jeu.

observations au sommet du Puy de Dôme, que l'on puisse considérer que la turbulence, sur les nuages de gouttes d'eau à température négative, ait pour premier effet de faire cesser la surfusion en divers points du nuage, pour provoquer ensuite la formation de neige ou de pluie. Remarquons à ce sujet, que les ascendances et la turbulence existent jusque dans les nuages de glace les plus élevés ([4]).

L'observation *b* et les observations similaires sont en accord avec les résultats des expériences précédentes effectuées avec des fusées volantes ([2]). Mais dans ce dernier cas, la traînée, la fumée et l'onde sonore apportent d'autres causes de modifications. On doit admettre en fin de compte, que les particules de poudre inerte agissent mécaniquement sur le nuage turbulent, pour déclencher la pluie.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur un analyseur de la fermentation panaire.* Note (*) de M. **Marcel Chopin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Deux facteurs essentiels entrent en jeu dans la fermentation panaire : la production gazeuse dont l'enregistrement fournit une courbe primitive, aux rares inflexions, et d'une interprétation difficile; la rétention du gaz au sein de la pâte, qui a été étudiée notamment par C. H. Bailey et Johnson ([1]) en utilisant deux pâtes placées dans deux cuves dont l'une renfermait du KOH.

Il m'a paru indispensable de coordonner dans une expérience unique l'étude de ces facteurs et de substituer aux courbes primitives leurs dérivées. Je mets ainsi directement en évidence les fluctuations du débit gazeux, dont le grand intérêt pratique est de mesurer à tout instant l'intensité de la fermentation. Par des mesures alternées, avec ou sans absorption du CO_2, je mets également en évidence la rétention gazeuse de la pâte, sans recourir à deux pâtes distinctes qui peuvent donner lieu à des erreurs. L'expérience porte donc sur une pâte unique, utilise un seul dispositif d'enregistrement et un seul graphique, groupant en séries alternées des jaugeages effectués avec ou sans absorption du CO_2. Elle est entièrement automatique.

Ces différentes fonctions sont précisément remplies par l'analyseur que j'ai précédemment décrit ([2]), et auquel j'ai donné le nom de zymotachygraphe. Ce dernier est complété par une cuve isotherme, maintenue à température constante, contenant la pâte fermentée, et disposée de manière à permettre un acheminement rapide du mélange d'air et de CO_2 vers l'analyseur. La figure

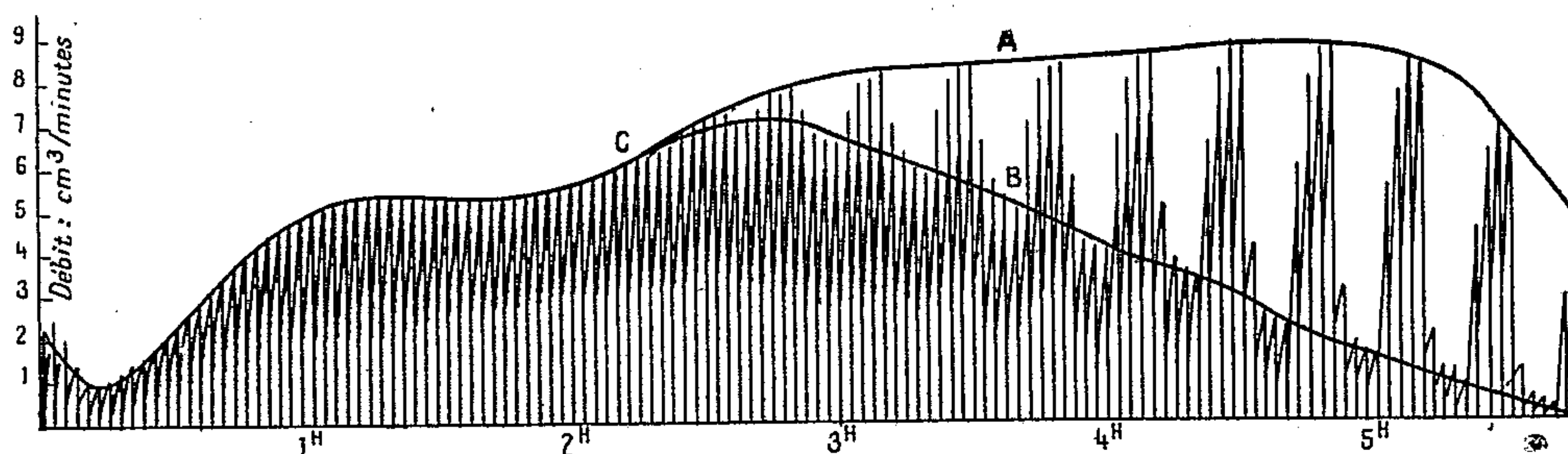
([4]) H. Garrigue, *Journal Les Ailes*, 1, 1948, p. 182.

(*) Séance du 27 février 1950.

([1]) *Cereal Chemistry*, 1, 1924, p. 293.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1368.

donne à une échelle réduite la photographie d'un graphique. Les jaugeages s'effectuent avec alternances de quatre mesures directes et de quatre mesures après absorption. L'enveloppe A qui joint les ordonnées maxima montre l'évolution du débit total; l'enveloppe B joignant les ordonnées minima est appelée courbe de rétention. Elle se confond avec A tant que le CO_2 est retenu par la pâte, et le point C donne l'instant où le CO_2 apparaît dans le mélange gazeux. Elle s'écarte ensuite de A plus ou moins rapidement selon les qualités de rétention de la pâte et l'intensité de la fermentation.



On distingue dans tous les graphiques deux centres de fermentation déjà mis en évidence par R. Guillemet ([3]), correspondant aux sucres préexistants puis au maltose, et dont la courbe A est visiblement la résultante. Malgré une certaine similitude imposée par cette formation, les courbes A obtenues avec des farines d'origines très différentes, présentent une grande diversité de forme, plus marquée encore pour les courbes B. Dans mes essais (250g de farine, 5g de sel, 5g de levure, pâtes amenées à consistance sensiblement constante) la position du point C s'est échelonnée de 50 minutes à 3 heures 10 minutes.

La comparaison des résultats avec ceux de la boulangerie confirme l'intérêt des courbes A et B, et notamment de leur position respective dans les graphiques en ce qui concerne la stabilité de la pâte et la facilité du travail. Le malaxage de la pâte au cours de l'essai est sans action sur la courbe A, mais lui donne temporairement une cohésion qui modifie la courbe B. Si l'on considère le rapport de la surface contenue sous la courbe B à celle contenue sous A, toutes deux considérées pendant 4 heures par exemple, on obtient une donnée peu influencée par la levure. Ce rapport que j'appelle coefficient de rétention R, suivi d'un indice rappelant la durée considérée, a varié dans mes essais de $R_4 = 0{,}98$ pour une farine très pure et de bonnes qualités plastiques, à $R_4 = 0{,}5$ pour une farine très ancienne. L'examen des *passages* de mouture a donné R_4 sensiblement constant et voisin de 1 dans une large région centrale de l'amande, et s'abaissant à 0,55 pour les derniers passages du convertissage.

([3]) *Bull. d'Hygiène alimentaire*, **24**, nos 9 et 10, 1936.

Dans ce milieu mouvant que constitue la pâte fermentée, il semble donc possible de dégager une caractéristique susceptible d'être jointe aux données P, G, W de l'essai plastique.

MYCOLOGIE. — *Sur la cytologie des* Stereum *Fr. en culture pure.* Note de M. **Jacques Boidin**, présentée par M. Roger Heim.

L'étude de 14 cultures polyspermes représentant la presque totalité des espèces françaises du genre, ainsi que de neuf cultures monospermes et germinations met en évidence la variété du comportement nucléaire. Les résultats sont en parfait accord avec les conclusions auxquelles nous avait conduit l'étude de la réaction des spores à l'iode.

Dans une Note récente ([1]) nous avons indiqué le comportement de la paroi sporique des espèces françaises du genre *Stereum* Fr. vis-à-vis des réactifs iodés et avons remarqué que certaines sections admises par Bourdot et Galzin comme les *Luteola*, les *Cruentata*, les *Cystophora* et *Cystostroma* se comportaient de façon homogène, à l'inverse des *Lloydella* et *Malacodermium*.

La présente Note est consacrée au comportement nucléaire de la spore et des mycéliums primaire et secondaire. Sur ce sujet nous n'avons connaissance que de l'étude du mycélium des *St. hirsutum* Willd. par Kniep ([2]), du *St. gausapatum* Fr. par Herrick ([3]), et de celle des spores, germinations et hyphes des *St. sanguinolentum* Alb. Schw. par Robak ([4]) et *spadiceum* Pers. par Yen Hsun Chu ([5]).

Notre matériel se compose de cultures monospermes et polyspermes obtenues à partir de récoltes effectuées dans les départements du Rhône et de la Haute-Savoie. Nous avons complété notre collection par cinq cultures polyspermes en provenance du Centraalbureau voor Schimmelcultures de Baarn (Hollande); elles seront indiquées C. B. S. et suivies du nom de l'auteur qui les a isolées.

Le *St. purpureum* Pers. a les spores uninucléées lors de la projection ; lors de leur germination, les divisions nucléaires sont immédiatement suivies de cloisonnement et le mycélium primaire n'est formé que de cellules uninucléées. Le diplonte a des articles régulièrement binucléés bien que les boucles manquent aux plus fines ramifications [([5]), p. 142]; il ne nous a pas été possible d'en observer au pied des basides des hyméniums obtenus en culture ou récoltés dans la nature. Les diplontes des *St. pini* Schleich. (C. B. S. Overholts) et *Murrayi* Bk. et Curt. (C. B. S. Mounce) sont régulièrement bouclés et binucléés.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 461-462.

([2]) *Die Sexualität der niederen Pflanzen*, 1928, p. 397.

([3]) *Transactions of the Americ. microscop. Soc.*, 58, 1939, p. 381.

([4]) *Meddelelser fra Veslandets forstlige Försøksstation*, 7, fasc. 25, 1942, p. 248.

([5]) *Annales de l'Université de Lyon*, 1949, p. 30.

Les *St. sanguinolentum* Alb. Schw., *gausapatum* Fr. et *rugosum* Pers. de la section *Cruentata* projettent des spores amyloïdes, pour la plupart binucléées : elles germent par une extrémité; les noyaux se multiplient activement sans aucun synchronisme tandis que le tube s'allonge et qu'un autre, de diamètre plus faible, apparaît en direction opposée; souvent peu après se forme dans le premier une cloison, à faible distance de la spore bientôt presque méconnaissable. On compte alors généralement de 12 à 15 noyaux; ultérieurement le cloisonnement donne naissance à des articles uni-, bi- ou multinucléés. Les mycéliums monospermes bien développés, qui montrent comme les mycéliums d'origine polysperme, des boucles rares, simples ou en verticilles de 2 à 6 autour des cloisons des plus grosses hyphes, ne sont formés que d'éléments cœnocytiques : il n'est pas rare que l'article terminal contienne une cinquantaine de noyaux.

Les *St. hirsutum* Willd., *sulphuratum* Bk. et Rav. et *insignitum* Quél. (section *Luteola*) se comportent tout à fait comme ceux de la section *Cruentata*.

Le *St. umbrinum* Bk. et Curt. (C. B. S. Davidson) a des boucles rares sur les hyphes aériennes et ses articles sont multinucléés : on peut compter jusqu'à 20 ou 30 noyaux dans les terminaux. *St. fuscum* Schrad. a des spores uninucléées, son diplonte (C. B. S. Overholts) est régulièrement bouclé et tous les articles ainsi que les chlamydospores contiennent un dicaryon. L'hétérogénéité de ce groupe (*Malacodermium*) est donc confirmée.

La section *Lloydella* n'est pas plus homogène. Le *St. spadiceum* Pers. a d'après Yen ([3]) des spores en majorité binucléées qui germent en donnant des haplontes cœnocytiques; son diplonte est binucléé et bouclé. *St. abietinum* Pers. a des anses inconstantes et des articles multinucléés; les terminaux à plus de 20 noyaux abondent. *St. Chailletii* Pers. a des spores uninucléées donnant naissance à des germinations et des haplontes à cellules pareillement uninucléées; le diplonte est régulièrement bouclé et binucléé. Il en est de même du *Peniophora lævigata* Fr. qui, par ses spores blanches en masse et amyloïdes comme par ses cystides teintées, est beaucoup plus proche du précédent que des autres *Peniophora*.

Parmi les *Sterea Spuria* nous n'avons pu étudier que la culture de la seule espèce à spores amyloïdes de la section : *St. frustulosum* Fr. (C. B. S. *Bavendamm*); nous n'y avons trouvé aucune boucle, les articles terminaux des hyphes ont le plus souvent de 4 à 10 noyaux, les autres en contiennent un nombre plus restreint, soit 2, 3, 4 ou même un seul. Il n'est pas rare de voir plusieurs articles se faisant suite contenir le même nombre de noyaux.

Il est de toute évidence que les sections qui s'étaient montrées homogènes quant à la réaction de la paroi sporique à l'iode le sont aussi quant à la cytologie des cultures. L'hétérogénéité qui s'était manifestée dans les *Lloydella* et *Malacodermium* est pleinement confirmée.

Le genre comprend deux groupes d'espèces à spores amyloïdes, très dis-

tincts : les *Cruentata* et *Luteola* à spores binucléées et mycéliums primaire et secondaire semblables et cœnocytiques et les *St. Chailletii* Pers. et *lævigatum* Fr. à spores uninucléées, avec haplontes et diplontes normaux, ainsi que deux espèces isolées ne semblant pas pouvoir être rattachées à ceux-ci : *St. fuscum* Schrad. et *frustulosum* Fr.

Notons enfin que le comportement nucléaire des mycéliums est nettement indiqué dans les spores lors de la projection : les espèces à basidiospores uninucléées possèdent des haplontes uninucléés et des diplontes à dicaryons; dans les cas de spores binucléées, les germinations sont cœnocytiques et cet état se poursuit plus ou moins loin dans le cycle du champignon.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'activité nucléasique des étamines* d'Helleborus fœtidus *L.* Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'activité sur l'acide nucléique de levure est plus du double de celle constatée sur l'acide thymonucléique. Les anthères mûres ont une activité nettement supérieure à celle des jeunes anthères vis-à-vis de l'acide désoxyribosenucléique. Ce dernier fait est corrélatif d'une baisse du taux de cette dernière substance dans les anthères à la fin du développement.

Nous avons mis précédemment en évidence les variations de quantité et de taux des nucléoprotéides au cours du développement des étamines de *Ginkgo biloba* (¹). En particulier, il y a, après la formation des tétrades, une diminution de la teneur en acides nucléiques (protidique) qui se poursuit jusqu'à la fin du développement; cette diminution est plus accentuée pour l'acide à désoxyribose que pour l'acide ribonucléique. Nous avons trouvé des faits de même ordre au cours du développement des étamines d'*Helleborus fœtidus* et la teneur passe de 2,36 % (de substance sèche) à 1,9 % à la fin du développement pour les anthères mûres et sur le point de libérer leur pollen.

Il s'agissait d'examiner le rapport possible entre l'activité nucléasique de ces organes et les variations constatées des acides nucléiques. La comparaison de l'activité nucléasique des étamines de diverses espèces dans les mêmes conditions nous a tout d'abord indiqué que les différences peuvent être considérables suivant les espèces. *Helleborus fœtidus* se trouve parmi les plus actives et pour cette raison nous avons choisi cet exemple pour la recherche.

L'activité nucléasique a été mesurée par une méthode inspirée de celle de Künitz (²). Toutefois, comme il ne s'agit pas d'extraits concentrés en nucléases mais de la plante, seulement délipidée et déshydratée à froid par l'alcool et

(¹) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 953 et *Ann. des Sc. nat.* (*Botanique*), **10**, 1949 (en publication).

(²) *Journ. of gen. Physiol.*, **24**, 1940, p. 15-32.

l'éther, nous avons dû changer les conditions expérimentales. Après tâtonnements, nous avons soumis les essais à la température de 37° pendant 3 heures. On emploie 20^{ms} de plante délipidée et broyée pour 2$^{cm^3}$ ou 4$^{cm^3}$, suivant le cas, de solution d'acide nucléique. Les solutions du substrat sont préparées à partir d'acide ribonucléique de levure du commerce (7 % de phosphore) et d'acide thymonucléique (de thymus) (6,65 % de phosphore). La presque totalité de ces acides est précipitable par une solution d'acétate d'urane dans l'eau et l'acide trichloracétique préparée suivant Künitz ([2]). L'acide ribonucléique est préalablement dissous dans une solution M/10 d'acétate de soude; l'acide thymonucléique dans l'eau distillée. Après 3 heures à 37°, on précipite l'acide nucléique polymérisé restant par l'acétate d'urane. On détermine le phosphore total du filtrat après minéralisation. Des essais témoins sont effectués avec les solutions nucléiques seules, et les poudres de plante en présence d'eau distillée ou de solution d'acétate de soude M/10.

Chez *Helleborus fœtidus* les étamines sont les organes les plus actifs de toute la plante. D'autre part la fleur est plus active que la feuille bien développée. Si l'on classe les divers organes de la fleur par ordre d'activité on a la succession suivante qui est la même pour les deux acides :

anthères > filets des étamines > périanthe > ovaire > nectaires.

Nous avons trouvé les résultats suivants pour les anthères (en % de phosphore initial passé dans le filtrat).

	Anthères jeunes (%).	Anthères mûres (%).
20^{ms} de plante délipidée pour 4$^{cm^3}$ de solution ribonucléique......	53	56
20^{ms} de plante délipidée pour 2$^{cm^3}$ de solution thymonucléique....	25	42

20^{ms} de plante délipidée correspondent à 29^{ms} de plante sèche initiale dans le cas des anthères mûres et à 31^{ms} dans le cas des anthères jeunes.

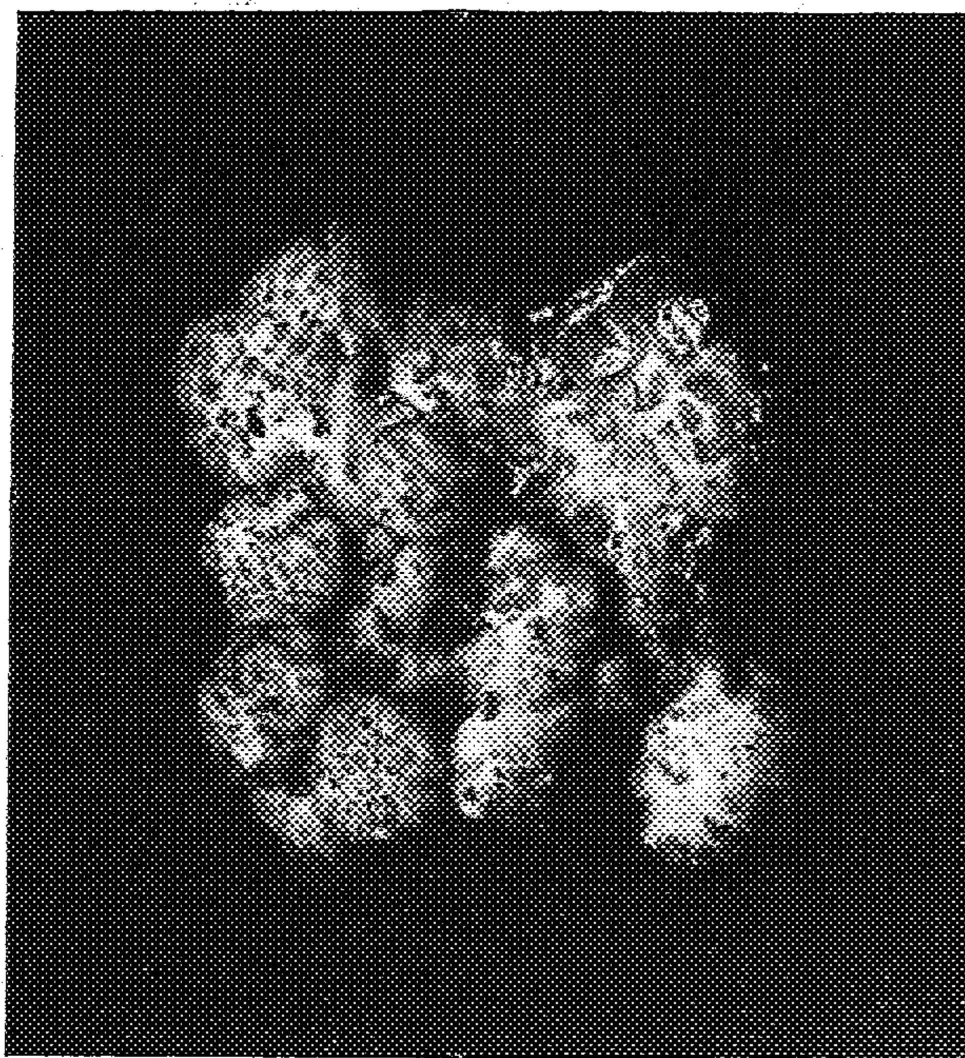
BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la culture des tissus de deux Monocotylédones.* Note de M. GEORGES MOREL, présentée par M. Joseph Magrou.

L'auteur a réalisé, pour la première fois, la culture indéfinie, *in vitro*, des tissus de deux Monocotylédones : *Amorphophallus Rivieri* et *Sauromatum guttatum* (Aroïdées).

Les études entreprises depuis 15 ans sur la culture des tissus végétaux ont permis d'obtenir la prolifération indéfinie des tissus d'une trentaine d'espèces réparties dans une douzaine de familles de Dicotylédones Angiospermes. Jusqu'à présent aucun succès n'a pu être obtenu dans le cas des tissus de Monocotylédones. Nous avons essayé de résoudre ce problème en nous adressant à une Aroïdée originaire d'Indochine : l'*Amorphophallus Rivieri* Dur. La tige de

cette plante est constituée par un tubercule souterrain pouvant peser plusieurs kilogrammes. Au printemps ce tubercule produit, hors de terre, une inflorescence enveloppée dans une spathe. Lorsque cette inflorescence est fanée le tubercule émet une feuille unique persistant pendant tout l'été. Au mois d'avril 1949, nous avons tenté de cultiver les tissus de ce tubercule en opérant de la manière suivante.

Un tubercule fut stérilisé extérieurement en l'immergeant pendant 30 minutes dans une solution à 5 % d'hypochlorite de calcium. Il fut ensuite lavé à l'eau stérile puis épluché et débité en fragments cubiques pesant environ 250^{mg}. Ces fragments furent ensemencés dans des tubes contenant de la solution de Knop diluée de moitié additionnée de 1 % de gélose, de 3 % de glucose et de divers facteurs de croissance aux doses indiquées ci-après :



Culture de tissus d'*Amorphophallus Rivieri* âgée de 6 semaines provenant d'une souche de 10 mois ayant subi 6 repiquages.

Ancurine 10^{-6}, acide nicotinique 10^{-6}, *d*-pantothénate de Ca 10^{-6}, pyridoxine 10^{-6}, biotine 10^{-8}, inositol 10^{-4}, acide folique 10^{-5}. Enfin certains milieux furent en outre additionnés d'acide naphtyl-acétique, à la dose de 10^{-8}, 10^{-7} ou 10^{-6}. Les cultures furent maintenues dans une chambre étuve à la température de 22°C et éclairées par des tubes luminescents donnant de la lumière blanche.

Les explantats se sont développés rapidement pour donner des cals. Certains produisirent en outre des bourgeons. D'autres formèrent des racines, surtout

en présence de fortes doses d'acide naphtyl-acétique. Au bout d'un mois les explantats pesaient environ 2^g. Certains ont alors été repiqués sur le même milieu mais la concentration en acide naphtyl-acétique fut de l'ordre de 5.10^{-8} ou 5.10^{-7}. La croissance fut plus lente que précédemment; au bout de 2 mois, les colonies ne pesaient que $1^g,5$ et plusieurs d'entre elles se nécrosèrent. Certaines furent alors repiquées sur un milieu dépourvu de vitamines et d'hétéroauxine mais contenant 15 % de lait de coco (¹) prélevé dans des noix vertes, stérilisé par filtration et incorporé au milieu gélosé avant que celui-ci ne soit complètement refroidi.

Sur ce nouveau milieu les cultures se sont développées remarquablement, atteignant au bout d'un mois un poids de l'ordre de 2^g. Leur développement a été entretenu jusqu'à présent grâce à des repiquages réguliers et nous sommes assuré qu'il se poursuivra indéfiniment. Des cultures témoins conservées sur le milieu primitif n'ont proliféré que faiblement et nous ne sommes pas certain de pouvoir les conserver indéfiniment.

Les colonies ainsi cultivées présentent un aspect compact; leur surface est garnie de protubérances et recouverte d'un périderme brunâtre. L'examen de coupes histologiques nous a permis de constater qu'elles sont constituées par une masse parenchymateuse riche en amidon renfermant des formations conductrices anarchiques et des cellules à raphides. Leur périphérie est occupée par un périderme provenant du fonctionnement d'un cambium de type subéro-phellodermique. Leur croissance paraît résulter essentiellement d'une prolifération diffuse de leur masse parenchymateuse.

Nous avons obtenu des résultats analogues avec une autre Aroïdée : *Sauromatum guttatum* Schott.

En résumé nous avons réalisé pour la première fois la culture indéfinie des tissus de deux Monocotylédones.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de l'acide phénylborique sur la croissance des racines isolées de* Raphanus sativus *en milieu liquide stérile*. Note de M. **Fernand Caujolle** et Mlle **Georgette Bergal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On prépare des germinations aseptiques de *Raphanus sativus* en suivant la technique indiquée par Gautheret (¹) (méthode à l'hypochlorite de calcium). Quand les jeunes racines ont atteint environ 10 à 20^{mm} de longueur, on les sectionne aseptiquement et on les transporte dans des tubes contenant

(¹) S. Caplin et F. Steward ont établi que le lait de coco stimule considérablement la prolifération des tissus de Carotte (*Science*, 108, 1948, p. 655-657).

(¹) *Manuel technique de culture des tissus végétaux*, Paris, 1942.

le milieu de culture additionné d'acide phénylborique à des concentrations comprises entre 10^{-10} et 10^{-3}; le milieu a été au préalable stérilisé à l'autoclave par deux chauffes d'une demi-heure, à deux jours d'intervalle, sans dépasser 100° afin d'éviter la décomposition de l'acide phénylborique. La solution nutritive employée est la solution I de White proposée par Gautheret pour les cultures de racines isolées (1).

Les fragments de racines sont supportés par une petite baguette de verre recourbée en forme de petit crochet; les tubes sont obturés à l'aide d'un tampon de coton cardé qui entoure la baguette de verre; on resserre le tampon de coton dans un carré de gaze hydrophile, les tubes ainsi obturés sont recouverts d'un chapeau de papier fixé par un fil de caoutchouc; on maintient les tubes à l'obscurité à la température de 22° pendant toute la durée de l'expérience. On mesure tous les deux jours l'accroissement en longueur des jeunes racines. Les résultats que nous rapportons ci-après sont les moyennes des accroissements en longueur de dix racines, pour chaque concentration étudiée.

Concentrations.	Longueur initiale.	Longueur (en mm) de la racine principale au 3e jour.	5e jour.	10e jour.	14e jour.	25e jour.
0 (Témoin)	10	19	29	55	80	110
10^{-10}	10	21	29	48	71	106
10^{-9}	10	20	29	54	74	110
10^{-8}	10	19	28	51	65	102
10^{-7}	10	**28**	**44**	**68**	**88**	**130**
10^{-6}	10	**37**	**61**	**100**	**130**	**201**
10^{-5}	10	**34**	**47**	**71**	76	81
10^{-4}	10	16	21	24	24	24
10^{-3}	10	10	10	10	10	10

Les accroissements les plus considérables sont toujours obtenus avec des concentrations en acide phénylborique de 10^{-7} et 10^{-6}; les concentrations comprises entre 10^{-10} et 10^{-8} sont sans action sur la croissance en longueur des racines; les concentrations supérieures à 10^{-5} sont toxiques. Il est à noter que la concentration de 10^{-5} n'est pas immédiatement toxique : elle reste activante jusqu'au 10e jour de culture, ensuite, les racines jaunissent dans leur partie supérieure, leur croissance se ralentit et la nécrose les envahit rapidement sur toute leur longueur.

A la dose de 10^{-4}, les racines s'accroissent lentement jusqu'au 5e jour, puis elles jaunissent et meurent; à la dose de 10^{-3} l'arrêt de la croissance est visible dès le 1er jour.

L'apparition des racines secondaires se situe pour les témoins vers le 10e jour après la mise en culture. Il en est de même pour les concentrations comprises entre 10^{-10} et 10^{-6}. Ces racines secondaires s'échelonnent également le long de la racine principale. A la dose de 10^{-6}, l'apparition des racines secondaires est

plus tardive, elles apparaissent seulement dans le 1/3 inférieur de la racine principale et quelques racines n'en présentent pas en fin de culture. On n'observe jamais de formation de racines secondaires aux doses supérieures à 10^{-6}.

PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS. — *Nouvelles données sur le phénomène de l'exaltolide.* Note de M. **Jacques Le Magnen**, présentée par M. Robert Courrier.

L'étude de la variation de la sensibilité à l'odeur de l'exaltolide au cours du cycle menstruel révèle une évolution du seuil spécifique des diverses phases hormonales. Elle permet d'identifier avec la production de l'hormone œstrogène le facteur responsable de l'accroissement de sensibilité. Cette interprétation est confirmée par l'étude de la sensibilité des femmes castrées avant et après traitement œstrogène.

Nous avons précédemment décrit [1] le phénomène de la réceptivité à l'odeur musquée de l'exaltolide (lactone en C_{15}), liée dans son établissement et ses fluctuations chez un individu, à l'état hormonal sexuel. Nous avions constaté, par le seul témoignage des intensités perçues, une sensibilité apparemment considérable de la Femme adulte, évoluant avec le cycle menstruel et, chez l'Homme adulte et les impubères des deux sexes, une anosmie complète ou une sensibilité très faible.

Afin de préciser la nature du facteur hormonal intéressé dans le développement et la fluctuation de cette sensibilité chez la femme adulte, et le mécanisme d'action sur la réceptivité olfactive d'un tel facteur, nous avons repris l'étude de ce phénomène avec la mesure systématique du seuil sensoriel. Nous avons utilisé pour cette mesure la technique des dilutions liquides. Assortie d'une répétition des épreuves et d'un calcul statistique du seuil, cette technique très simple est d'une précision largement suffisante dans le cas de l'exaltolide.

Nous avons constaté les faits suivants :

1° Chez l'Homme adulte on trouve 50 à 60 % d'anosmie complète. Le reste révèle une sensibilité de l'ordre du millionième. Cependant quelques individus (dont on ne pourrait connaître la proportion que sur une population importante) atteignent des seuils de l'ordre du milliardième et même du trillionième.

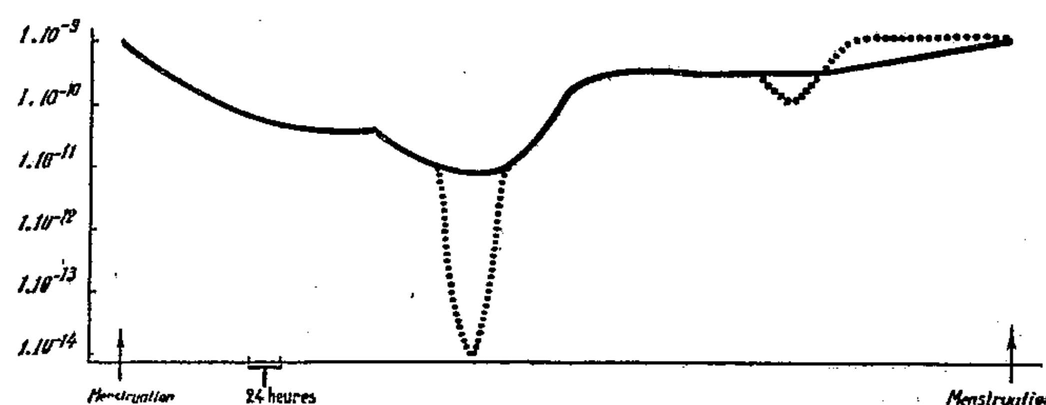
2° Toutes les femmes examinées, normales au point de vue sexuel, possèdent pour cette odeur une sensibilité considérable avec des seuils toujours inférieurs au milliardième.

3° Nous nous sommes particulièrements attaché à l'étude de la variation du niveau de sensibilité chez la Femme au cours du cycle menstruel. Sur cinq sujets et dix cycles nous avons constaté :

---

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 694.

a. Dans les dix cas observés on assiste à un abaissement progressif du seuil au début du cycle (phase folliculinique) durant une période de 7 à 15 jours (9 à 11 jours dans six cas). A la fin de cette période qui correspond à peu près au moment de l'ovulation, la sensibilité est de 100 à 10 000 fois supérieure (suivant les sujets) à la sensibilité de la période menstruelle. Dans deux cas nous avons observé à ce moment, sur un à deux jours, une pointe extrême du seuil, atteignant 100 000 fois le seuil de départ.



Fluctuation moyenne de la sensibilité à l'exaltolide au cours du cycle génital normal. En pointillé : les variantes les plus caractéristiques constatées.

b. Dans tous les cas, après cette période, on constate une remontée du seuil. Cette diminution de sensibilité durant la phase progestative est parfois régulière jusqu'à la menstruation suivante. Le plus souvent, un plateau ou une remontée plus lente précèdent la menstruation.

c. Dans quatre cas sur neuf (une fin de cycle n'a pu être observée) on constate dans cette dernière phase un nouvel abaissement très passager du seuil, respectivement 7, 6, 5 et 2 jours avant les règles. Dans les trois premiers cas, ce regain de sensibilité, particulièrement important, est suivi, d'une part, d'un plafonnement de la sensibilité durant le reste du cycle au niveau du seuil à la menstruation, et, d'autre part, d'un retard de cette menstruation (cycle de 35 jours environ) comme si le facteur responsable de ce nouvel abaissement du seuil en fin de cycle était cause d'un allongement de ce dernier. C'est ce regain terminal de sensibilité qui nous avait fait penser précédemment à un maximum à ce moment, alors que ce maximum se situe en réalité, comme on l'a vu, plus avant dans le cycle. On sait qu'un même regain terminal dans le cycle a été trouvé dans l'évolution de la folliculinurie au cours du cycle menstruel.

4° Sur six femmes ovariectomisées, la carence folliculinique étant constatée par frottis vaginaux, nous avons constaté une régression considérable de la sensibilité à l'exaltolide. Elle est de 100 à 1 000 fois inférieure au minimum de la femme normale.

5° Quatre de ces sujets traités par œstrogène (éthinylœstradiol) ont été observés à nouveau à la suite de ce traitement et du rétablissement d'une hyperfolliculinie. On constate la récupération d'une sensibilité de la femme

normale (abaissement très important du seuil par rapport au seuil avant traitement).

6° L'examen de six femmes ménopausées révèle une régression moins générale. Dans trois cas le seuil est comparable à celui des femmes castrées. Dans les trois autres il est à peu de chose près celui d'une femme normale. Le nombre des cas étudiés est sur ce point insuffisant et n'apporte qu'un indice.

L'ensemble de ces résultats, comparés aux données acquises sur la folliculinémie et la folliculinurie chez la Femme, permet d'affirmer que l'établissement de la réceptivité olfactive à l'exaltolide, d'une part, et, d'autre part sa fluctuation au cours du cycle génital et dans divers états sexuels, sont sous la dépendance de la production folliculinique, le système récepteur neurosensoriel pour cette odeur se comportant ainsi comme un récepteur œstrogène. Sur cette base il semble que l'on puisse envisager une utilisation féconde de ce phénomène comme test clinique du système hormonal sexuel.

Nous présenterons ultérieurement une interprétation de ces phénomènes et notamment du mécanisme d'action du facteur hormonal sexuel féminin sur la réceptivité olfactive à l'exaltolide.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Action du rachitisme expérimental sur la glande sous-maxillaire de la Souris albinos.* Note de Mlle **Lucie Arvy** et M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Robert Courrier.

Le régime rachitigène de Randoin et Lecoq détermine chez la Souris albinos, une atrophie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire, comparable à celle que nous avons observée chez le Rat albinos. Cette atrophie va de pair avec une mise au repos de la glande thyroïde. La sécrétion thyroïdienne pourrait agir sur la morphologie de la glande sous-maxillaire soit par un mécanisme direct, soit en modifiant la sensibilité de cette glande à l'hormone testiculaire.

Dans une Note précédente (1) nous avons décrit une atrophie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire chez des Rats albinos, mis au régime rachitigène de Randoin et Lecoq. L'existence d'une atrophie semblable après thyroïdectomie (2) ou après administration d'antithyroïdiens de synthèse (3) d'une part, la mise au repos histologique de la thyroïde chez nos animaux d'autre part nous ont incités à admettre l'intervention d'un mécanisme thyroïdien dans cette atrophie des tubuli de la glande sous-maxillaire chez les animaux rachitisés au moyen du régime cité. Il y avait lieu de rechercher un retentissement éventuel du même régime rachitigène chez la Souris, espèce

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 576.

(2) C. P. Leblond et B. Grad, *Anatomical Record*, 100, 1948, p. 750.

(3) L. Arvy, Ch. Debray et M. Gabe, *C. R. Soc. Biologie* (28 janvier 1950).

chez laquelle l'intervention de la sécrétion thyroïdienne dans le déterminisme de la morphologie des glandes sous-maxilaires n'avait jamais été envisagé. Aussi avons-nous examiné, sur le conseil de M. Fage, les glandes sous-maxillaire de souris albinos ♂, mises au régime rachitigène alors qu'elles pesaient en moyenne 8g et maintenues à ce régime pendant un mois.

La courbe de croissance des animaux montre un retard très important par rapport aux témoins, alimentés normalement. Au bout d'un mois, le poids moyen des souris rachitiques est de 12g celui des témoins de 19g. A l'autopsie, on constate les lésions osseuses habituelles du rachitisme expérimental. Le poids des glandes sous-maxillaires est moindre que chez les témoins, mais le calcul du rapport poids des sous-maxillaires/poids du corps ne fait pas ressortir de différence statistiquement significative.

L'examen histologique montre des différences très nettes entre les souris rachitisées et leurs témoins. Chez les témoins (il s'agit d'animaux de souche non sélectionnée), les tubuli, sans être aussi développés que chez des animaux de lignée pure que nous avons eu l'occasion d'examiner, sont nombreux. Le rapport tubuli/acini est de 0,66, le diamètre moyen des tubuli 51µ. Chez les Souris rachitisées, les tubili sont beaucoup plus rares que chez les témoins; le rapport tubuli/acini oscille entre 0,20 et 0,38. Le diamètre des tubuli est de 41µ.

Quant à l'examen des autres organes, celui des testicules et des glandes annexes de l'appareil génital ♂ ne fournit pas d'éléments permettant d'expliquer cette différence morphologique des sous-maxillaires. Le poids des testicules est proportionnel à celui du corps et l'examen histologique montre que la spermatogenèse s'est établie chez tous les sujets. L'interstitielle est normalement développée. Il n'existe pas de différence significative entre l'état histologique de l'épididyme et celui de la prostate ou des vésicules séminales des témoins et des souris rachitisées.

La pesée et l'examen histologique de la surrénale ne montrent pas de différence notable entre les témoins et les rachitiques. La zone X a disparu chez tous les animaux et il n'existe aucune anomalie de structure.

Par contre, l'examen de la thyroïde montre une mise au repos histologique des plus nettes chez les souris mises au régime rachitigène. L'épithélium est très aplati, les noyaux sont ovalaires, la colloïde est très abondante et très acidophile.

Il résulte de ces faits qne le régime rachitigène de Randoin et Lecoq a, sur la glande sous-maxillaire des souris de notre lot, une action analogue à celle qu'il exerce chez le Rat. Cette atrophie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire s'accompagne d'une mise au repos histologique du corps thyroïde.

Les recherches de Lacassagne (4) et de ses élèves ont démontré l'inter-

(4) *C. R. Soc. Biologie*, **133**, 1940, p. 180.

vention du testicule dans le déterminisme de la morphologie des glandes sous-maxillaires chez la Souris albinos. Nos constatations ne sont pas nécessairement en contradiction avec ces faits. En effet, l'explication de nos données admet deux hypothèses. L'une d'elles est une intervention directe de la sécrétion thyroïdienne. L'autre consiste à tenir compte de l'action favorisante qu'exerce la thyroxine sur l'efficacité de la testostérone, action décrite à propos de récepteurs hormonaux variés. On sait que le seuil d'action de la testostérone sur la glande sous-maxillaire est beaucoup plus élevé que pour les vésicules séminales et la prostate. Il est donc possible que l'inactivation de la thyroïde par le régime rachitigène conditionne une atrophie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire, sans affecter notablement les glandes annexes de l'appareil génital mâle.

ANTHROPOLOGIE. — *Mécanisme de la transformation du crâne animal en crâne humain.* Note (*) de MM. **Antoine Delattre** et **Jean-Marie Daele**, transmise par M. Robert Courrier.

Nous avons tenté de résoudre le problème de cette transformation par une méthode nouvelle, consistant à superposer les profils craniométriques d'animaux et d'hommes.

Nous suivons les règles suivantes :

1° orientation commune suivant le plan des canaux semi-circulaires horizontaux;

2° confusion des axes vestibiens ramenés préalablement à une même longueur. Les axes vestibiens étant les droites unissant les milieux des canaux semi-circulaires horizontaux.

L'étude des profils superposés montre une série de modifications importantes de la forme des crânes qui expliquent l'augmentation de volume du crâne humain par rapport au crâne animal. Ces modifications sont toutes commandées par le redressement du tronc et du cou, c'est-à-dire par l'attitude bipède de l'homme.

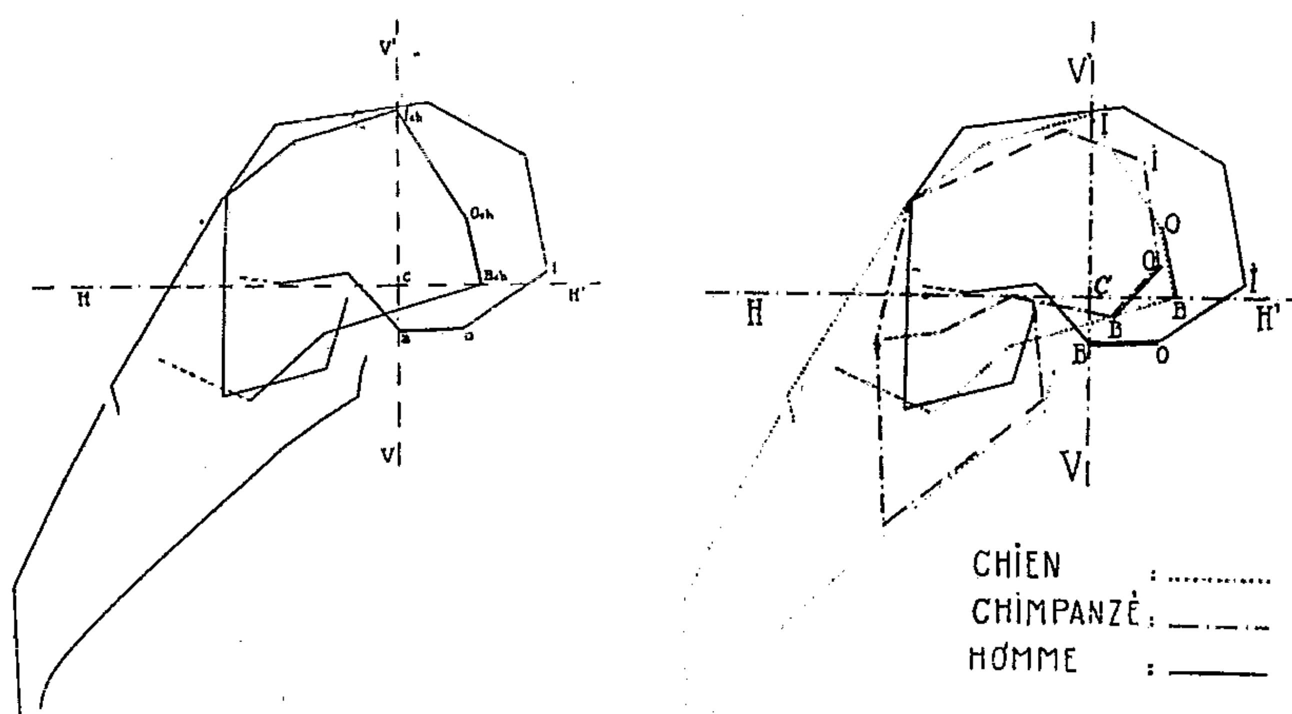
Ce redressement de la colonne cervicale entraîne le phénomène essentiel qui est la bascule de la région occipitale. Cette région osseuse suit le mouvement de la colonne cervicale et bascule en arrière autour de l'axe vestibien; le mouvement de bascule est de 90° au cours de l'évolution, depuis les Carnassiers jusqu'à l'Homme. La bascule occipitale provoque un véritable épanouissement de la voûte du crâne. Il en résulte une sorte de large hiatus fermé par les os de membrane : occipital membraneux, pariétaux et écaille des temporaux. C'est ainsi que se constitue la nuque qui n'appartient qu'à l'Homme.

(*) Séance du 6 mars 1950.

La bascule occipitale est à la base des autres changements de forme du crâne. C'est elle qui détermine la brisure de la base du crâne et la formation de l'angle sphénoïdal qui pénètre en coin à l'intérieur de la boîte crânienne. Le planum s'élève progressivement au cours de l'évolution, son ascension se mesure facilement par rapport au plan vestibulaire horizontal.

L'ascension du planum entraîne l'augmentation de hauteur du massif facial en arrière représenté uniquement chez les Carnassiers par des choanes larges mais très bas, tandis que chez les Anthropoïdes et l'Homme ils sont très développés en hauteur.

Cette même méthode montre que les profils craniométriques concourrent en avant en un même point bregmatique chez les animaux, situé en plein frontal chez l'Homme. A partir de ce point la ligne faciale se rabat en arrière réduisant progressivement le massif facial et surtout la partie antérieure de la mâchoire supérieure tandis que sa partie postérieure est remarquablement fixe. La bascule occipitale est à l'origine de ce déplacement de la ligne faciale par la traction opérée par le planum au niveau du nasion. Cette traction est déterminée par l'ascension du planum et son mouvement de recul.



Ces différentes modifications de forme entraînent des changements de volume du crâne. Les uns, comme l'ascension du planum et le retrait de la ligne faciale, diminuent le volume du crâne. Les autres contribuent à l'augmenter. Un léger accroissement est dû au déplacement minime relatif du profil craniométrique humain dans la région antérieure de la voûte. Mais l'accroissement de volume du crâne le plus important est celui qui est apporté par l'épanouissement du crâne dans la région postérieure, en un mot par la formation de la nuque. C'est grâce à la bascule occipitale que le crâne humain a acquis sa grande capacité et non par un gonflement général des Calva que l'emploi de la méthode nouvelle n'a nullement rencontré et que ses résultats contredisent formellement.

Les figures représentent les profils craniométriques superposés de chien et d'homme (à droite); de chien, de chimpanzé et d'homme. Les axes sont les traces du plan vestibulaire horizontal et du plan frontal perpendiculaire passant par l'axe vestibien. Leur point de rencontre C est la trace de l'axe vestibien projeté sur le plan sagittal.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la régénération antérieure de l'Annélide* Magalia perarmata *Marion et Bobr.* Note (*) de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Parmi les Polychètes errants à trompe exsertile, la régénération de l'extrémité antérieure et de la trompe n'a guère été observée que chez quelques Syllides. Chez l'Hésionide *Magalia perarmata*, cette régénération s'obtient facilement, mais seulement dans un territoire limité de l'extrémité antérieure du corps.

1° Après une amputation minime, n'intéressant que la tête (prostonium + péristonium), le ver peut conserver sa trompe pharyngienne ou l'expulser complètement. Dans les deux cas, la régénération aboutit à une restitution complète. Lorsque la trompe a été extirpée, la transparence de la paroi du corps dans les segments qui la contenaient permet d'observer la progression vers l'avant d'un bourgeon issu de la portion proventriculaire du tube digestif, restée en relation avec l'intestin endodermique. Ce bourgeon s'unit à un bourgeon stomodéal et, dans la portion de tube digestif ainsi reconstituée, se différencie une trompe complète et fonctionnelle munie de ses deux mâchoires.

2° Lorsque l'amputation dépasse la tête du ver, la trompe doit être éliminée complètement pour que la cicatrisation soit possible. La régénération ne s'effectue alors que si l'amputation n'intéresse que les trois ou quatre premiers segments sétigères. Elle fournit très généralement une tête avec tous ses appendices (antennes, palpes, six paires de cirres tentaculaires), une trompe complète et fonctionnelle à deux mâchoires, mais pas plus d'une paire de parapodes, quel que soit le nombre des sétigères amputés. Lorsqu'une section oblique laisse d'un côté un parapode sans partenaire, la régénération ne restitue que la tête et un parapode unique complétant le segment atteint.

La régénération antérieure débute toujours par la différenciation du prostomium et des yeux, qui est terminée au bout de six jours à 23° aux niveaux antérieurs. Le prostomium régénéré apparaît sur la partie *dorsale* de la section, en contraste avec la position nettement ventrale du pygidium dans la régénération postérieure (1). Ensuite se forment successivement : les

---

(*) Séance du 6 mars 1950.

(1) *Cf.* M. Abeloos, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 477.

appendices du prostomium, la trompe, enfin les cirres tentaculaires : la régénération de la tête progresse en direction *antéro-postérieure* et *dorso-ventrale*. Cependant, lorsqu'il y a des parapodes régénérés, ceux-ci peuvent apparaître avant les cirres tentaculaires qui les précèdent et la régénération des cirres tentaculaires peut demeurer incomplète, alors qu'il y a des parapodes régénérés. Quant à la trompe, elle est complètement régénérée même lorsque la restitution des cirres tentaculaires est incomplète. Elle dérive, comme dans le cas précédent, de deux ébauches, stomodaeale et proventriculaire.

J'ai obtenu une régénération antérieure à partir d'une section passant entre le 4e et le 5e sétigère, tandis que le fragment antérieur du même individu, comprenant seulement quatre sétigères, régénérait une extrémité postérieure ([1]) : dans cette région du corps, les tissus possèdent donc la *double potentialité* de régénération antérieure et postérieure.

3° Au niveau de la partie postérieure de la trompe, au delà du quatrième sétigère, et dans la région de l'intestin, la cicatrisation est rapide, mais la tête n'est pas régénérée après plus de quarante jours de survie. On observe assez souvent, dans ce cas, l'édification tardive, sur la surface de section, d'une paire de parapodes dirigés vers l'avant, qui peuvent avoir une constitution normale ou être plus ou moins réduits et fusionnés. Il s'agit vraisemblablement d'une régénération à partir de fragments de territoires parapodiaux intéressés par la section. Je n'ai jamais observé de pygidium hétéromorphique.

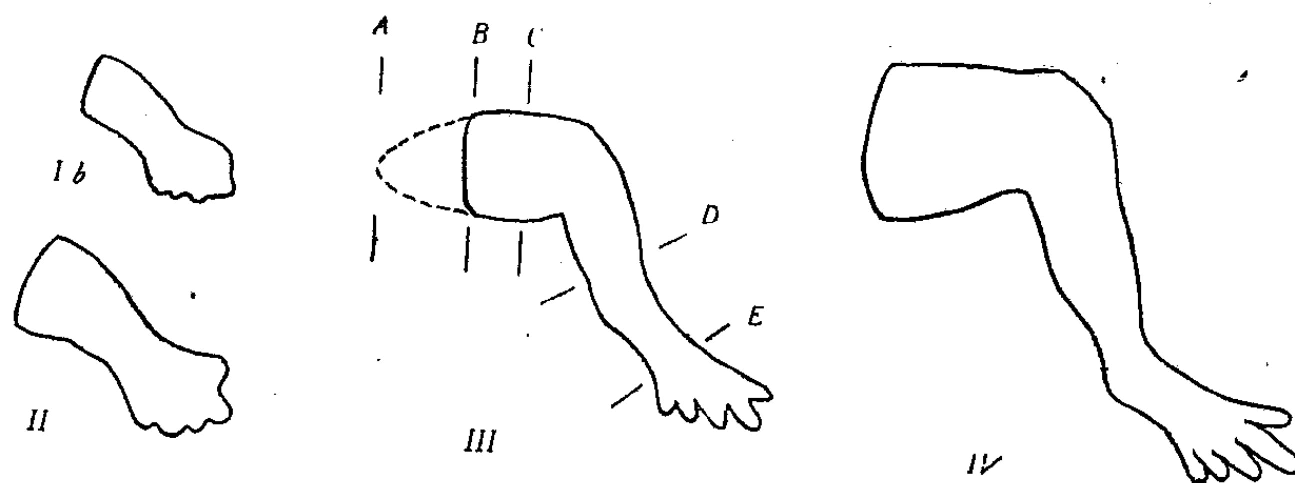
En conclusion, la *région céphalique* (définie comme : 1° la partie la plus étendue de l'extrémité antérieure du corps susceptible de se différencier dans une régénération antérieure; 2° la région dans laquelle on ne peut obtenir de régénération postérieure) ne comprendrait, chez *Magalia*, que la tête avec la trompe et le premier segment sétigère. Cette *région céphalique* ne couvre qu'une portion de la région du corps logeant la trompe pharyngienne et sa limite postérieure ne paraît correspondre à aucune discontinuité morphologique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les limites du pouvoir de régénération chez le Crapaud accoucheur*. Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Diverses observations anciennes nous ont fait supposer que le pouvoir de régénération des membres postérieurs chez le têtard de Crapaud accoucheur, *Alytes obstetricans*, devrait être plus important que celui qui est mis en évidence chez d'autres espèces de Batraciens anoures. La conclusion générale qui se dégage des expériences réalisées, à ce sujet, par différents auteurs, est que la perte du pouvoir de régénération croît avec l'âge de l'individu et, pour un même stade ontogénétique, est conditionné par le niveau d'amputation, la régéné-

ration s'effectuant d'autant mieux qu'elle est pratiquée à un niveau plus distal.

Comme point de comparaison, nous avons pris plus particulièrement en considération les résultats suivants : pour Schotté et Harland [1], chez *Rana clamitans*, au stade III et au niveau C (*fig.* III), la régénération ne s'effectue plus. Pour Forsyth [2], chez *Rana Sylvatica*, il en est de même; aux stades plus jeunes et aux niveaux plus distaux elle est progressivement plus parfaite.



I *b*, II, III, IV. Quatre stades expérimentés du développement d'un membre postérieur gauche d'*Alytes* correspondant avec la série des stades de développement dans les autres espèces. En pointillé ébauche de la ceinture pelvienne représentée seulement au stade III. A, B, C, D, E, divers niveaux d'amputation du membre.

Dans le même sens que ces expériences nous avons pratiqué des amputations du membre postérieur chez le têtard d'*Alytes* aux différents stades et niveaux représentés sur la figure. Au total, 259 animaux ont été opérés. Les résultats globaux confirment les conclusions des auteurs en tant qu'influence de l'âge et du niveau d'amputation. Mais, chez l'Alyte, dans des conditions identiques, la régénération est encore possible alors qu'elle ne l'est plus chez les autres espèces. Par exemple, au stade III et au niveau C, sur 32 opérés, 16 régénérats ont développé des membres normaux, 5 le sont presque, soit qu'ils aient un doigt en moins ou qu'ils présentent une petite excroissance, 3 ont formé des appendices incomplets, 8 n'ont pas régénéré.

Indépendamment de cet exemple, d'autres cas confirment le pouvoir de régénération plus étendu chez l'Alyte, tels ceux concernant le stade IV pour les niveaux C et D ou des régénérations ont encore été obtenues.

Nous estimons que ce pouvoir de régénération plus important doit être attribué à la lenteur du développement du têtard d'*Alytes*. Les phénomènes de différenciation en relation avec une vie larvaire prolongée (1 an et plus) sont peu rapides et les processus nécessaires à la régénération en sont d'autant facilités. Du reste, de nombreuses observations nous ont montré des débuts de

(1) *Journal of Morphology*, 73, 1943, p. 329.

(2) *Ibid.*, 79, 1946, p. 287.

régénération, macroscopiquement décelables, seulement un mois et quelquefois plus après l'opération.

Les auteurs cités précédemment n'ont pas pratiqué des amputations à des niveaux plus proximaux que C. Nous l'avons réalisé pour les stades I*b* et II, au niveau B, juste au ras du corps, et au niveau A, c'est-à-dire en supprimant aussi l'ébauche de la ceinture.

Au stade II, niveau B, sur 18 opérés, on obtient 8 régénérats normaux.
Au stade II, niveau A, sur 32 opérés, on obtient 24 régénérats normaux.
Au stade I*b*, niveau B, sur 13 opérés, on obtient 8 régénérats normaux.
Au stade I*b*, niveau A, sur 13 opérés, on obtient 12 régénérats normaux.

Ainsi, contrairement à la loi générale énoncée, la régénération s'effectue mieux si l'amputation est pratiquée à un niveau plus proximal, A. Cette différence est en relation avec l'histogenèse du processus. Alors qu'aux niveaux distaux il s'agit d'une régénération s'effectuant à partir d'une partie conservée de l'organe, au niveau A tout est supprimé.

Dans le premier cas, il y a utilisation d'éléments cellulaires qui proviennent de l'extrémité du moignon laissé en place : ils présentent une différenciation plus ou moins marquée et leur transformation en éléments de la régénération est plus ou moins aisée. Dans le second cas, il y a apport, au point d'exérèse de cellules mésodermiques moins différenciées, dont les possibilités évolutives sont plus importantes, soit réserve de *cellules mésenchymateuses de caractère embryonnaire*, des auteurs, soit éléments, facilement transformables, du conjonctif en formation.

En conclusion, le têtard d'*Alytes* a un pouvoir de régénération des membres postérieurs plus étendu que celui qui est mis en évidence, dans des conditions similaires, chez d'autres espèces de Batraciens anoures. Par ailleurs, pour deux stades déterminés, la régénération de l'organe et de son annexe pelvienne se réalise mieux que celle de l'organe seul.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la répartition de la lysine dans la molécule de globine de Cheval.* Note de Mlle **Mireille Rovery** et M. **Pierre Desnuelle**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours d'une étude récente [1] concernant la nature des liaisons peptidiques rompues au sein des protéines par les endopeptidases cristallisées, nous avons préparé des hydrolysats pepsiques, trypsiques et chymotrypsiques de globine de Cheval, et nous les avons fractionnés par l'acide trichloracétique 0,15 M. Les fractions *protéiques* (protéine intacte + gros peptides) et

(1) P. Desnuelle, M. Rovery et G. Bonjour, *Biochim. Biophys. Acta*, 5, 1950, p. 116, et observations inédites.

non protéiques (petits peptides + aminoacides libres) ainsi obtenues ont ensuite été traitées par le 1.2.4-fluorodinitrobenzène ([2]) afin de déterminer la nature des amino-acides situés aux extrémités aminées des peptides. Pendant le traitement et l'hydrolyse qui lui succède, ces amino-acides apparaissent dans le milieu sous forme de leurs dérivés α N 2.4-dinitrophénylés qui peuvent être séparés et caractérisés par une chromatographie de partage.

Le 1.2.4-fluorodinitrobenzène, toutefois, se combine non seulement aux fonctions αNH_2 terminales des protéines et des peptides, mais encore aux fonctions εNH_2 des *restes* de la lysine. Ce dernier amino-acide apparaît ainsi sous forme de dérivé α, ε bisdinitrophényle quand il se trouve en position terminale, et sous forme de dérivé ε monodinitrophényle, quand il est situé à l'intérieur d'une chaîne peptidique. La somme de ces deux dérivées indique donc, quand les εNH_2 sont parfaitement *réactifs* tout au moins ([3]), la teneur en lysine de la protéine ou du mélange de peptides étudié. C'est ainsi par exemple que 1^{mol} de globine de Cheval (P. M. 63^{g}400) s'est révélée contenir, selon cette méthode, 40 *restes* lysine environ ([4]), valeur en parfait accord avec celles qui ont fourni les techniques classiques.

Certaines anomalies rencontrées au cours du calcul de la longueur moyenne des peptides contenus dans les diverses fractions de nos hydrolysats enzymatiques nous ont incités à doser systématiquement la lysine dans ces fractions par la méthode qui vient d'être décrite. Le tableau suivant réunit les principaux résultats obtenus.

Répartition de la lysine entre les fractions protéique *et* non protéique *des hydrolysats enzymatiques de la globine de Cheval.*

P. M. de la protéine : 63^{g},400. Nombre de *restes* lysine dans 1^{mol} de protéine : 40. Les enzymes utilisés étaient des produits cristallisés commerciaux (Armour).

Enzyme utilisé.		Durée de l'hydrolyse (h).	N non-protéique (en % de N total).	Nombre de restes lysine dans 63^{g},400		
					de sa fraction	
Nature.	Pds enzyme / Pds substrat.			De l'hydrolysat entier.	protéique.	non protéique.
Pepsine...........	1/3000	0 30	20,2	40,0	40,0	40,0
Pepsine...........	1/3000	1 15	89,0	40,0	42,9	39,7
Trypsine..........	1/1600	15	50,0	40,0	30,9	49,1
Chymotrypsine.....	1/500	4 45	75,0	40,5	24,6	45,8

Les chiffres du tableau montrent clairement que les fractions protéiques des

([2]) F. SANGER, *Biochem. J.*, 39, 1945, p. 507.
([3]) R. R. PORTER, *Biochim. Biophys. Acta*, 2, 1948, p. 105.
([4]) R. R. PORTER et F. SANGER, *Biochem. J.*, 42, 1948, p. 287.

hydrolysats pepsiques renferment la même quantité de lysine que les fractions non protéiques correspondantes. Dans les hydrolysats trypsiques et chymotrypsiques, par contre, les fractions non protéiques sont notablement plus riches en lysine que les fractions protéiques.

Cette observation semble importante car on sait par ailleurs ([1]) que le mode d'action de la pepsine sur la globine est foncièrement différent de celui de la trypsine et de la chymotrypsine. La pepsine, en effet, attaque rapidement la protéine de façon très profonde et la transforme complètement en dodécapeptides (moyenne). Ces peptides *non protéiques* proviennent de toutes les régions des molécules de globine. Il est donc évident que l'on doit trouver dans leur mélange la même quantité de lysine que dans la globine elle-même. La trypsine et la chymotrypsine au contraire, quels que soient la quantité d'enzyme mise en jeu, la durée de l'hydrolyse et le pH du milieu, semblent détacher de l'édifice protéique une série de peptides courts et laisser intacte une partie dite *centrale* [le *core* de Butler ([5])] à haut poids moléculaire. Que cette partie soit *centrale* ou non, le fait d'y rencontrer moins de lysine que dans les autres parties de la molécule, suggère une répartition non homogène de cet amino-acide à l'intérieur de la globine. Cette conclusion n'est évidemment valable que si les enzymes n'effectuent pas de synthèses dans nos conditions expérimentales. Diverses raisons, d'ailleurs, nous font penser que tel est bien le cas.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Discrimination des acides aminés libres dans l'œuf de* Bombyx mori *L.* Note de Mme **Andrée Drilhon** et M. **René-Guy Busnel**, présentée par M. Paul Portier.

Les auteurs dosent les acides aminés libres dans l'œuf de 10 races de vers à soie, et font l'analyse qualitative par la chromatographie de partage, au cours des divers stades : ponte-diapause-incubation. Ils ne peuvent noter aucune différence selon les races; mais ils notent des modifications dans la nature des acides aminés qui augmentent au cours de son évolution et qui passent de 4 à la ponte, 5 à la diapause, et 12 en fin d'incubation.

Peu de travaux nous renseignent sur la teneur en amino-acides des œufs et la nature de ceux-ci demeurait jusqu'à présent complètement inconnue.

Nous avons pu suivre sur l'œuf de *Bombyx mori* L., d'une part, l'étude quantitative globale des acides aminés libres et, d'autre part, l'étude qualitative des constituants de cet azote aminé.

Les résultats de nos dosages, effectués de novembre à mars, sur des races variées (technique de Sörensen) sont consignés dans le tableau ci-contre :

([5]) A. J. V. Butler, E. C. Dodds, D. M. P. Phillips et J. L. M. Stephen, *Biochem. J.*, 42, 1948, p. 116

Race.	Origine.	N aminé (en g/kg).
Chinois blanc	Roustan n° 12	1,15
Chinois doré	» 75	2,27
Bagdad blanc	» 30	2,45
Gubbio jaune	» 2	2,56
Alpe jaune	» 202	2,70
Var moyen jaune	» 700	2,80
Gros Var jaune	» 100	2,75
Station 44	Station séricicole d'Alès	1,60
Station 38	»	2,73
Bione Chypre vert	»	1,84

Il y a peu de fluctuations pendant cette période de quatre mois.

Ces résultats rejoignent dans l'ensemble ceux des premiers travaux italiens de Pigorini ([1]), Manzoni ([2]), Tirelli ([3]), qui, avec des techniques diverses, ont dosé les acides aminés libres de l'œuf de cette espèce.

Par ailleurs, nous avons mis ces œufs en incubation en mars à $+20°$; au bout de cinq jours, on observe une légère augmentation de la teneur en amino-acides, teneur qui tend à diminuer jusqu'au 12e jour, pour augmenter brusquement peu avant l'éclosion (14 à 15e jour d'incubation).

Les résultats obtenus sur cinq races différentes sont les suivants :

Races.	1er jour.	5e jour.	10e jour.	15e jour.
Var moyen jaune	2,70	3,60	3,40	3,80
Gubbio jaune	2,50	2,90	3,10	3,56
Alpe jaune	2,69	2,75	2,90	3,20
Bagdad blanc	2,40	2,65	2,85	3,10
Chinois doré	2,30	2,50	2,70	3,00

Il est intéressant de constater qu'avant l'éclosion de la larve l'œuf contient déjà des quantités importantes d'acides aminés, mais il paraissait utile de savoir quels en étaient les constituants.

L'analyse qualitative par chromatographie sur papier permettait seule une recherche systématique de ceux-ci, et nous l'avons pratiquée par la méthode descendante (Consden-Gordon-Martin) ([4]) et ascendante (William-Kirby) ([5]) sur papier Wathman n° 1.

Les solvants utilisés ont été : le phénol ammoniacal à 3 %, l'alcool butylique et le mélange alcool butylique et alcool benzylique à 50 %, saturés d'eau.

([1]) *Ann. Stat. Bac. Sper. Padova,* 1925, 10, 44.
([2]) *Ann. Stat. Bac. Sper. Padova,* 1925, 5, 23 et 24.
([3]) *Ann. Stat. Bac. Sper. Padova,* 1931, 5, 26.
([4]) *Biochem. Journ.*, 38, 1944, p. 224.
([5]) *Sciences,* 107, 1948, p. 455-481.

Nous avons étudié l'œuf depuis ses premier stades, c'est-à-dire avant la fécondation, puis à la ponte, et immédiatement après celle-ci pendant le temps de la formation des bandelettes, au cours de la phase d'évolution qui se manifeste par une dynamique pigmentaire classique. L'œuf a été également étudié au cours de la diapause hivernale et au cours de l'incubation. Ces travaux ont été effectués sur les races précitées.

La chromatographie de partage a permis de mettre en évidence les acides aminés suivants, au cours des divers stadés étudiés, sans qu'il ait pu être noté de différence liée à la race.

L'acide glutamique, la sérine, l'analine et la valine, sont les quatres acides aminés principaux pouvant être mis en évidence avec certitude : dans les œufs aux premiers stades, avant et après la fécondation dans les gaines ovariennes; à la ponte, et dans tous les stades s'échelonnant de 10 minutes à 12 heures après celle-ci. Lorsque l'œuf vire du mauve au gris, c'est-à-dire après 10 à 12 heures selon la température, la tyrosine apparaît. Dans les 10 heures qui suivent, jusqu'à ce que l'œuf ait pris sa teinte définitive, la concentration en tyrosine va croissant.

Au cours de la diapause hivernale, on trouve six acides aminés principaux : l'acide glutamique, la sérine, l'alanine, la valine, la tyrosine et la leucine. A partir de décembre on trouve en plus le glycocolle. Pendant la période de janvier à mars, le nombre des acides aminés augmente avec l'apparition de tryptophane, de proline, d'hydroxyproline, de cystine et d'histidine.

Pendant l'incubation et jusqu'à l'éclosion de la chenille, malgré des variations quantitatives facilement constatées, nous n'avons pu observer de modification qualitative de ces acides aminés; ils se répartissent, par ordre de valeur relative décroissante, comme il suit :

Valine, alanine, tyrosine, sérine, glycocolle, acide glutamique, proline hydroxyproline, leucine, cystine, tryptophane et histidine.

Il est à signaler cette particularité : l'œuf à la fin de la diapause, contient neuf acides aminés différents qui ne paraissent pas être utilisés au cours de l'incubation larvaire. En effet on retrouvera ces mêmes acides aminés chez la Chenille nouvellement éclose.

La séance est levée à 16h.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 MARS 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur ÉMILE COTTON, membre non résidant,
par M. **GASTON JULIA**.

M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

L'Académie est en deuil. Le 14 mars dernier, notre Confrère **ÉMILE COTTON** est mort d'une pneumonie, dans son appartement de Grenoble : il a été inhumé le 16 à Treffort, dans l'Ain. Correspondant pour la Section de Géométrie depuis 1931, il appartenait depuis 1943 à la Section des Membres non résidants et il lui faisait beaucoup d'honneur.

Né le 5 février 1872, élève à l'École Normale supérieure de 1892 à 1895, agrégé de mathématiques en 1895, docteur ès sciences en 1899, toute sa carrière se développa à Grenoble, mises à part trois années passées au Lycée de Toulouse. C'est dans la chaire de Mécanique rationnelle et appliquée de la Faculté des Sciences, de 1901 à 1942, qu'il donna la mesure de ses vertus professionnelles et qu'il réalisa la plus grande partie de son œuvre. Depuis 1942 il était professeur honoraire, et depuis 1931 directeur de recherches au C.N.R.S.

Émile Cotton représente une de ces personnalités éminentes et décentralisatrices, qui ont voulu demeurer en province, et par lesquelles la création de notre Section de Membres non résidants se justifie le plus. Son œuvre est considérable, et elle se signale par la variété des questions étudiées, par leur importance théorique et pratique; car ce mathématicien parfaitement averti des puissants moyens de l'Analyse, les a mis en œuvre, en les perfectionnant et les développant, pour étudier à fond et mener souvent à leur terme, des ques-

tions difficiles de Géométrie et de Mécanique, dont certaines avaient fait l'objet de nombreux et savants travaux; ses préoccupations ont été aussi bien théoriques que pratiques, allant jusqu'au Calcul numérique, pour serrer de plus en plus les approximations nécessaires, l'évaluation des erreurs commises, afin de séparer, dans la réalisation expérimentale, la part des erreurs d'expérience et celle des erreurs imputables à la théorie elle-même.

En *Géométrie*, Émile Cotton a étudié *la représentation conforme l'une sur l'autre de 2 variétés générales à 3 dimensions*, problème généralement impossible, contrairement à ce qui se passe pour 2 dimensions (cartes géographiques). Les conditions de cette représentation conforme sont les conditions d'application de leurs « variétés principales », que Émile Cotton déduit des variétés données par des opérations régulières sans intégration. Et ce problème d'application, lui-même, déjà étudié par Christoffel, a été bien simplifié par Émile Cotton.

Plus importante encore est la contribution d'Émile Cotton à la *Géométrie différentielle comparée*, basée sur une ingénieuse extension de la méthode du trièdre mobile aux géométries les plus générales, au sens de F. Klein, c'est-à-dire basées sur un groupe de transformations continu quelconque. Il a signalé, à ce propos, la liaison des célèbres équations de Darboux, pour les mouvements à plusieurs paramètres, avec les équations de structure du groupe des déplacements.

Signalons l'élégante étude du mouvement d'une surface mobile tangentiellement à une surface fixe, lorsque le mouvement est, à chaque instant, un pivotement simple. Signalons aussi la formation des conditions pour qu'une courbe donnée puisse être placée sur une surface S donnée, ou sur une surface égale, problème mené à son terme lorsque S est un cylindre de révolution. Signalons enfin la liaison curieuse entre la Cinématique d'un solide ayant un point fixe et la Géométrie non euclidienne de l'espace sphérique à trois dimensions.

En *Mécanique*, Émile Cotton s'est attaqué à des problèmes fondamentaux comme la *stabilité de l'équilibre* et la détermination précise d'une *réciproque* du célèbre théorème de Lagrange-Dirichlet. Cette réciproque, établie par Painlevé *avec certaines restrictions*, a été établie par Émile Cotton *sans restriction aucune*, pour tous les systèmes à 2 degrés de liberté.

Lorsqu'il y a ∞ degrés de liberté (hydrodynamique), Émile Cotton a pu, dans certains cas, faire la démonstration rigoureuse du théorème direct lui-même, au moins pour une stabilité partielle à la Jouguet, et il a précisé l'application à l'hydraulique de certains théorèmes de la dynamique des systèmes.

Les travaux d'*Analyse* d'Émile Cotton sont liés intimement aux travaux précédents, le plus souvent parce qu'ils ont été provoqués par la nécessité de constituer les meilleures méthodes pour les mener à bien. Ils consistent

principalement en des applications et des perfectionnements de plus en plus serrés de la *théorie des approximations d'Émile Picard*, en vue de certains problèmes de Mécanique ou de Physique, comme le suivant : connaissant une équation différentielle avec conditions aux limites données, quelles erreurs peut-on se permettre sur les données et sur une solution calculée par approximation, pour que la solution exacte reste en quelque sorte dans une gaine d'amplitude donnée entourant la solution approchée ? Ce problème résolu permettra de reconnaître si, pour une théorie physique, les écarts entre la théorie et l'expérience sont imputables certainement à la théorie.

Citons aussi sa théorie des solutions d'une équation différentielle asymptotiques à une solution donnée, qui précise la théorie de Liapounoff; citons enfin une étude intéressante des intégrales dans lesquelles la fonction à intégrer dépend de paramètres, dont dépend aussi le domaine d'intégration, étude qu'il a appliquée à la théorie des fonctions algébriques, en généralisant la théorie des intégrales abéliennes.

Mes chers Confrères,

Émile Cotton assistait régulièrement à nos séances chaque fois que ses fonctions de Directeur de recherches au C. N. R. S. l'amenaient à Paris. Nous ne le verrons plus. Mais nous garderons de lui le souvenir d'un savant éminent, d'un homme aimable et modeste. Au nom de l'Académie, j'adresse à sa famille, et en particulier à notre cher confrère Aimé Cotton, l'expression de nos plus sincères condoléances.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation directe du cœsium métallique à partir du pollux de Suède*. Note de MM. **Louis Hackspill** et **Georges Thomas**.

Le pollux de Varutrâsk, silicoaluminate de cœsium titrant jusqu'à 35 % de Cs_2O, pulvérisé finement, séché par élévation de température, puis chauffé dans le vide à 900° avec un excès de calcium, abandonne son cœsium qui distille.

Le cœsium est un élément rare à la manière du néon ou du krypton; c'est-à-dire que l'on en rencontre partout mais à l'état de dilution extrême.

MM. Gabriel et Didier Bertrand ont décelé sa présence dans la plupart des terres arables ([1]). Cependant on n'en connaît qu'un minerai proprement dit : le pollux, qui est un silicoaluminate de cœsium, renfermant souvent d'autres métaux alcalins.

Les gisements de pollux sont peu nombreux.

Cette espèce minérale a été découverte par Breithaupt à l'Ile d'Elbe avant même que Bunsen eut identifié et baptisé le cœsium.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 533.

Les cristaux sont bien formés et d'une grande pureté; mais ils se trouvent en petit nombre, accolés au quartz, au béryl, à la tourmaline et au castor (silicoaluminate de lithium).

Plattner a donné, en 1846, une analyse complète du pollux. Ignorant l'existence du cœsium, il a fait ses calculs en considérant le métal alcalin, comme du potassium de poids atomique 39; de sorte que l'ensemble des éléments dosés lui a fourni seulement un total de 92,75 %.

Pisani [2] a repris cette étude en 1864 et a montré que les dosages de Plattner étaient matériellement exacts puisqu'ils donnent un total très voisin de 100 % lorsqu'on remplace le poids atomique 39 par 133.

Le gisement de l'Ile d'Elbe n'a été exploité que pour l'extraction du lithium, il ne semble pas qu'il le soit encore aujourd'hui.

Plusieurs gisements découverts aux États-Unis présentent de véritables filons dans lesquels le pollux domine. Ce sont ceux de Hebron, Black Montain, Dudley's Ledge, Newry, dans l'État du Maine et Tin Montain, dans l'État de Dakota Sud.

Les gisements de Ungursay et Krasno-Kordon en U. R. S. S. seraient par la date de leur découverte, 1946, les plus récents [3]. Mais il semble bien que le plus important de tous soit situé en Suède à Varuträsk [4].

Il est remarquable que dans tous les cas cités, le pollux a été trouvé dans des carrières de pegmatites lithinées; les pegmatites appartiennent à la famille des granits, ce sont des roches particulièrement acides qui se seraient formées sous l'action de produits fumerollés.

Le pollux ressemble, à première vue, à du quartz; mais un examen attentif montre que la plupart des échantillons sont traversés par un réseau de veines de chalcédoine. Cette association est tellement fréquente qu'elle constitue un indice assez sûr pour reconnaître le pollux, dont la structure cristalline ne semble pas d'autre part établie avec certitude.

D'après Strunz [5] il s'agirait d'une zéolithe de formule brute $Si_4Al_2O_{12}Cs_2$, H_2O intermédiaire entre la leucite et l'analcite.

Mais spécialement pour le minerai suédois, cette conception ne correspond pas rigoureusement à l'analyse chimique dont voici les résultats :

SiO_2	46,28	K_2O	0,51
Al_2O_3	16,71	Rb_2O	1,60
Li_2O	0,25	Cs_2O	30,77
Na_2O	1,87	H_2O	1,80

(2) *Comptes rendus*, 38, 1864, p. 715.

(3) GINSBURG, *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 52, 1946, p. 335-337.

(4) QUENSEL, *Meddelanden fran Stockholms Högskolas minéralogiska Institut*, 104, 1938, p. 612.

(5) *Zeitschr. für Krist.*, 95, 1936, p. 1.

La formule brute serait $Si_4 Al_2 Ol_2 Cs_2\,0,75\,(H_2O\,SiO_2)$ avec substitution partielle d'autres métaux alcalins au cœsium.

La Boliden Mining Company a bien voulu mettre à notre disposition 1^{kg} de pollux de Varuträsk. L'un de nous est parvenu à extraire du chlorure de cœsium pur, d'une partie de ce produit; il publiera prochainement le procédé qu'il a utilisé à cet effet.

On sait d'autre part qu'un certain nombre de métaux déplacent avec facilité les métaux alcalins beaucoup plus volatils, à la condition d'opérer dans le vide. Nous nous sommes donc demandé si l'élaboration du cœsium ne pourrait pas se faire directement à partir du minerai sans passer par le chlorure.

Comme métal de réduction il était naturel de songer tout d'abord au calcium qui est habituellement utilisé pour cette préparation.

L'eau est facile à éliminer du pollux. Il suffit de le chauffer à l'air à 900° pendant quelques minutes.

Pour la réduction il est commode, au laboratoire, d'utiliser le dispositif servant pour la préparation du cœsium à partir du chlorure (6). Plusieurs essais ont conduit à adopter les proportions suivantes :

Dans le tube de fer formant creuset on introduit 30^g de calcium en tournure et 10^g de pollux finement pulvérisé et préalablement desséché. Le vide étant fait, on chauffe lentement jusqu'à 900°; dès la température de 750° on aperçoit un léger voile de métal sur les parois froides du tube de verre. Cette condensation augmente jusqu'à former de grosses gouttes qui coulent dans l'ajutage que l'on scelle en fin d'opération comme à l'ordinaire.

On obtient environ $2^g,5$ de métal, soit 85 % de celui contenu dans le minerai.

Ce cœsium renferme, outre un peu de calcium, une bonne partie du potassium et du rubidium contenus dans le pollux.

Une redistillation dans le vide à 350-400° permet d'éliminer ces impuretés à l'exception toutefois du rubidium.

Il ne paraît pas possible, pour l'instant, d'écrire une équation représentant correctement la réaction.

Tout ce que l'on peut dire, c'est que la majeure partie du silicium passe à l'état de siliciure de calcium, probablement $SiCa_2$, qui reste dans le creuset et forme avec l'acide chlorhydrique des siliciures d'hydrogène spontanément inflammables.

C'est pour cela qu'un grand excès de calcium est nécessaire.

---

(6) HACKSPILL, *Bull. Soc. Chimique*, 49, 1911, p. 446.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Les lames minces des acides acétique, formique et carbonique.* Note de M. **Henri Devaux**.

Démonstration expérimentale du fait prévu que le mercure retient avec énergie les trois substances indiquées, de telle sorte que, à l'état de lames monomoléculaires, l'acide acétique et l'acide formique perdent totalement leur solubilité et leur volatilité, tandis que l'acide carbonique conserve seul une certaine volatilité.

Il est de pratique courante que pour dissoudre une substance quelconque, on la mette en grande surface, et il en est de même pour évaporer un liquide volatil. Dès lors, pour une substance qui serait réduite au maximum de minceur, c'est-à-dire à l'état de lame monomoléculaire, la solubilité et la volatilité devraient s'effectuer à la vitesse maxima. Or c'est le contraire qui a lieu, l'expérience démontre que ces deux modes de dispersion des substances, la dissolution ou l'évaporation, disparaissent ou sont fortement diminuées quand elles sont amenées à l'état de lames monomoléculaires.

Considérons par exemple, la solubilité du sulfate de cuivre. Cette solubilité est considérable et lorsque le sel est présenté en lames cristallines sur le mercure, ayant 5 à 10 molécules d'épaisseur, la simple humidité de l'haleine en provoque la dissolution instantanée ([1]). Or, à côté, une couche monomoléculaire de ce même sel qui reçoit la même buée, reste absolument rigide, la buée même abondante n'en dissout pas la moindre trace.

L'insolubilité de la lame est donc absolue, quoique ses molécules touchent l'eau qui les surmonte et que cette eau les attire puisqu'elles y sont normalement très solubles.

Le raisonnement, confirmé par des mesures expérimentales, nons a amené à comprendre que cette résistance à l'attraction de l'eau est due à une attraction supérieure, celle du mercure sur lequel repose la lame monomoléculaire, de sorte que toutes les molécules de la lame saline sont prisonnières, elles ne peuvent s'échapper dans l'eau quoique fortement attirées par celle-ci. Or cette conséquence remarquable n'est pas exclusive aux lames de sulfate de cuivre, elle tend à se réaliser aussi pour toutes les substances réduites en lames minces sur le mercure, même pour les plus solubles, mais le fait en lui-même est tellement instructif et d'une si haute portée que nous croyons nécessaire d'en donner la démonstration expérimentale dans des cas variés. J'ai choisi, pour la Note actuelle, le cas de deux acides très volatils et d'un gaz soluble, les acides acétique, formique et carbonique.

Acide acétique. — J'ai déjà signalé, dans une précédente Communication ([2]),

---

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1649.

([2]) *Loc. cit.*, p. 1651.

le fait que cet acide est condensé par le mercure en une lame monomoléculaire insoluble, mais je dois en donner la démonstration détaillée :

1° La simple émission de vapeurs de cet acide, à 1 ou 2^{cm} de distance, écarte très vivement le talc répandu sur le mercure. Le dépôt direct d'une gouttelette infime y produit un cercle parfait, lequel n'émet aucune odeur, même à la longue, et ne se rétrécit pas. Une compression artificielle réduit facilement la surface totale de cette lame à un quart environ de sa valeur sans provoquer la moindre évaporation. Si on la rétrécit davantage, la lame d'acide acétique cesse d'être fluide, elle devient visqueuse, puis tout à fait rigide, réalisant ainsi l'état solide pour ce corps à une température inférieure à 16°,5, température de cristallisation de l'acide acétique. Cette lame solide se plisse ensuite, sans manifester la moindre odeur, montrant ainsi que sa *tension d'évaporation* est devenue absolument nulle.

2° Il en est de même de sa *tension de dissolution* car si cette lame, alors qu'elle est à l'état rigide, reçoit avec la bouche une abondance de vapeur d'eau, celle-ci se condense en buée sur elle, sans modifier sa rigidité. A la fin l'eau forme des gouttelettes visibles, mais la lame ne se dissout pas. Ainsi resserrée, la lame monomoléculaire d'acide acétique a perdu totalement sa volatilité et sa solubilité.

3° A cette phase, elle a aussi perdu sa liquidité, mais elle peut redevenir fluide, il suffit pour cela de la desserrer en reculant la barrière mobile; et même elle absorbe alors de la vapeur d'eau, car elle se dilate brusquement en air humide et se contracte en air sec, témoignant ainsi qu'elle attire l'eau avec énergie, mais seulement dans le sens tangentiel, entre ses propres molécules, car si on la resserre de nouveau, elle reprend sa rigidité première, l'eau absorbée étant alors exprimée comme d'une éponge, sans diminuer l'union du sel avec le mercure (3).

L'acide acétique, réduit en lame monomoléculaire sur le mercure, est donc indissolublement lié à ce substratum, il a perdu sa volatilité, sa solubilité et même sa fluidité quand on comprime la lame dans le sens tangentiel.

Acide formique. — Les mêmes essais ont été répétés avec l'acide formique. Cet acide ayant un poids moléculaire moindre que celui de l'acide acétique, je m'attendais à une moindre résistance et en particulier à la conservation d'une certaine volatilité. Il n'en a rien été. L'acide formique donne aussi sur le mercure des lames monomoléculaires absolument dénuées de toute volatilité, même quand on les resserre beaucoup. Elles deviennent aussi rigides, pouvant également se plisser et recevoir de l'eau en buée sans se dissoudre. La rigidification de l'acide formique, obtenue ici à la température du laboratoire (10 à 15°), n'aurait lieu en masse qu'à 8°,5 environ. La lame redevient fluide par desserrement et est hautement hygroscopique.

(3) *Mém. Ac. Sc.*, 66, 1942, p. 7.

Anhydride et hydrate carbonique. — L'anhydride carbonique CO^2 écarte manifestement le talc sur le mercure, mais avec une lenteur qui contraste avec l'action violente des vapeurs formiques et acétiques. Cette lenteur même prouve que la captation et la rétention par le mercure sont faibles quoique bien certaines. Une goutte de solution carbonique, c'est-à-dire d'hydrate CO_3H_2, donne un écartement plus rapide et finalement plus grand. Si l'on envoie alors du CO_2 sur le cercle produit, on le voit s'étendre et prendre une dimension de 2 à 300$^{cm^2}$. La remise à l'air libre provoque immédiatement une réduction de sa surface à 1/3 environ de sa valeur. La production de lames monomoléculaires de CO_2 n'est donc pas douteuse et j'ai même constaté que la petite quantité de CO_2 que contient l'air rejeté par la respiration suffit pour écarter le talc. Mais dans tous les cas, la rétraction des lames à l'air libre prouve que la volatilité a subsisté. Si l'on envoie de la vapeur d'eau sur la lame comprimée, une buée se produit, ce qui semblerait indiquer que la solubilité a diminué. Mais la production concomitante d'une petite quantité d'oxyde de mercure empêche d'être affirmatif à cet égard.

Conclusions. — Le comportement des trois substances étudiées ici confirme et étend les résultats obtenus avec le sulfate de cuivre. Ces trois substances subissent, à l'état monomoléculaire sur le mercure, une attraction assez énergique pour que soient supprimées totalement à la fois la solubilité et la volatilité (acide acétique et acide formique) ou du moins que la volatilité soit nettement diminuée (acide carbonique).

M. **Gabriel Bertrand** fait hommage de deux volumes contenant les Communications présentées, en janvier 1949, aux « Journées du Phosphore » dont il est le Président : *Le Phosphore et son rôle en biologie*, et *La carence phosphorique ; ses répercussions en biologie*.

DÉSIGNATIONS.

M. le **Ministre des Affaires Étrangères** prie l'Académie de bien vouloir lui présenter une liste de deux savants susceptibles de faire partie du *Comité permanent du Livre français à l'Étranger*.

MM. **Maurice Caullery** et **Gaston Julia** sont désignés.

M. **Gaston Julia**, Président, et MM. **Jacques Hadamard**, **Émile Borel**, **Jean Chazy**, **Paul Montel**, **Arnaud Denjoy** sont désignés pour représenter l'Académie au **Congrès international de mathématiques**, qui aura lieu à l'Université Harvard, à Cambridge, Massachusetts, du 30 août au 6 septembre 1950.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de Physique théorique vacante au *Collège de France*.

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Bulletin de la Société des Professeurs français en Amérique*.

2° Geological Survey of China. *General geological Map of China :* N. F. 49 (*Canton*); N. J. 49 (*Taiyuan*); N. H. 50 (*Hankow*); N. I. 50 (*Nanking*); N. J. 51 (*Tsingtao*).

ALGÈBRE. — *Applications de la théorie des filets.* Note de M. **Paul Jaffard**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à la précédente (¹). Nous conservons les mêmes définitions et les mêmes notations.

Nous supposons dans ce qui suit que tous les groupes ordonnés considérés sont différents du groupe réduit à l'élément unité.

Théorème d'unicité. — I. *Si* $G=\prod_{\iota\in I} G_\iota=\prod_{\iota'\in I'} G_{\iota'}$ *est produit ordonné des groupes totalement ordonnés* $G_\iota(\iota\in I)$ (*resp.* $G_{\iota'}$, $\iota'\in I'$), *il existe une représentation biunivoque* φ *de* I *sur* I' *telle que* $G_{\varphi(\iota)}=G_\iota$.

En effet, pour que $a\in G_+$ soit tel que $\bar{a}$ soit un filet minimal, il faut et il suffit que dans la première représentation $a=\prod_{\iota\in I} a_\iota$, avec $a_\iota=0(\iota\in I)$ sauf pour un indice $\alpha\in I$. On peut poser $a=a_\alpha$. De même dans la deuxième représentation, $a=a_{\alpha'}$. La représentation qui fait passer de α à α' est biunivoque et représente I sur I'. Comme $G_\alpha=\overset{\simeq}{a}_\alpha=\overset{\simeq}{a}_{\alpha'}$, on voit que $G_\alpha=G_{\alpha'}$. Le même raisonnement montre que :

II. *Si* $G=\sum_{\iota\in I} G_\iota=\sum_{\iota'\in I'} G_{\iota'}$ *est somme directe ordonnée des groupes totalement ordonnés* $G_\iota(\iota\in I)$ (*resp.* $G_{\iota'}$, $\iota'\in I'$), *il existe une représentation biunivoque* φ *de* I *sur* I' *telle que* $G_{\varphi(\iota)}=G_\iota$.

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1024.

Remarque. — Si l'on considère tous les groupes comme des Z-modules, et si l'on ne considère plus de groupes ordonnés, on sait [2] que dans le cas où les G_ι sont des sous-modules *simples*, il existe une application biunivoque φ telle que $G_{\varphi(\iota)}$ soit isomorphe à G_ι.

III. *Si* $G=\prod_{\iota\in I} G_\iota=\sum_{\iota'\in I'} G_{\iota'}$ *est produit* (*resp. somme directe*) *ordonné des groupes totalement ordonnés* $G_\iota(\iota\in I)$ (*resp.* $G_{\iota'}$, $\iota'\in I'$), I *et* I' *sont des ensembles finis et il existe une représentation biunivoque* φ *de* I *sur* I' *telle que* $G_{\varphi(\iota)}=G_\iota$.

Le fait que $G=\sum_{\iota'\in I'} G_{\iota'}$ montre que l'ensemble des filets de G vérifie la condition de chaîne descendante. Ceci implique que I soit fini, donc $G=\sum_{\iota\in I} G_\iota$ et l'on applique le théorème II.

Nous dirons qu'un groupe réticulé G a pour *dimension linéaire n*, *n* étant un entier ordinaire, si G est le produit ordonné de *n* groupes $G_1, G_2, \ldots, G_n$ totalement ordonnés.

Étant donné un groupe réticulé G, nous dirons que des éléments de G en nombre fini $(a_i)_{i\in M}$ sont *indépendants* si, quel que soit le sous-ensemble N de M tel que $M\neq N$, on a $\inf[(a_i)_{i\in N}]>\inf[(a_j)_{j\in M}]$.

Nous dirons de plus qu'un groupe réticulé G a *la propriété* A si, étant donnés deux filets $\bar{a}$, $\bar{b}\neq 0$, il existe $x\in\bar{a}$ tel que $x\not\leq b$.

Théorème. — *Le groupe réticulé* G *a la dimension linéaire n si et si seulement il vérifie la propriété* A *et si n est le nombre maximal d'éléments indépendants de* G.

Ces conditions sont visiblement nécessaires. Pour voir qu'elles sont suffisantes, on remarque d'abord que G ne peut avoir plus de *n* filets deux à deux étrangers. Le théorème 2 de la Note précédente montre que G a *m* filets minimaux $\bar{a}_1, \ldots, \bar{a}_m$ et que tout filet différent de $\bar{0}$ est supérieur ou égal à un de ces filets minimaux. Le groupe G' engendré par la réunion de ces filets est, d'après le théorème 4 de la Note précédente, somme directe ordonnée des groupes $\overset{\simeq}{a_i}$. Il suffira donc de montrer que si $a\in G_+$, $a\in G'$.

Supposons que $\bar{a}_1, \ldots, \bar{a}_p\leq\bar{a}$, $\bar{a}_{p+1}, \ldots, \bar{a}_m\not\leq\bar{a}$. Alors $\overline{a_1+\ldots+a_p}\leq\bar{a}$. Mais si $\overline{a_1+\ldots+a_p}<\bar{a}$, $\exists\,\bar{b}\neq\bar{0}$ étranger à $\overline{a_1+\ldots+a_p}$ et $\bar{b}<\bar{a}$. Mais alors $\exists\,a_{p+i}$ tel que $\bar{b}\geq\bar{a}_{p+i}$ ce qui entraînerait $\bar{a}\geq\bar{a}_{p+i}$, d'où une contradiction. A partir du fait que $\overline{a_1+\ldots+a_p}=\bar{a}$, la propriété A permet de raisonner par récurrence sur *p*. Donc $G=G'$ et G est somme directe de *m* groupes totalement ordonnés. Comme G' a la dimension linéaire *m*, on a $m=n$.

On peut trouver des contre-exemples montrant que la propriété A ne peut être supprimée dans l'hypothèse.

---

[2] Krull, *Math. Ann.*, 98, 1928, p. 51-70.

THÉORIE DES GROUPES. — *Limites projectives de groupes de Lie.* Note de M. **Armand Borel**, présentée par M. Élie Cartan.

Beaucoup de propriétés des limites projectives [1] de suites *dénombrables* de groupes de Lie se démontrent à l'aide de choix *cohérents* c'est-à-dire compatibles avec les homomorphismes $f_{\alpha\beta}$, faits par récurrence. Le théorème 1 permet assez souvent de se passer de l'hypothèse de dénombrabilité. Les n°s 2 et 3 en donnent quelques applications. Le n° 4 traite des limites projectives localement compactes.

1. $H_\alpha(\alpha \in J$, J ordonné filtrant à droite pour la relation $<$) désigne un ensemble partiellement ordonné (relation $\subseteq$) muni d'une opération intersection (meet); $p_{\alpha\beta}$ est une application de H_β sur H_α, définie si $\alpha < \beta$. On suppose que :

A. $p_{\alpha\beta}$ conserve la relation d'ordre $\subseteq$ et $p_{\alpha\gamma} = p_{\alpha\beta} \circ p_{\beta\gamma} (\alpha < \beta < \gamma)$;

B. si $\alpha < \beta$ et $h_\alpha \in H_\alpha$, $p_{\alpha\beta}^{-1}(h_\alpha)$ a un élément maximum;

C. pour tout $\alpha \in J$, une suite strictement décroissante d'éléments de H_α n'a qu'un nombre fini de termes.

Théorème 1. — *Soit* $(H_\alpha; p_{\alpha\beta})$ *un système vérifiant les conditions précédentes et, pour tout* $\alpha \in J$, Ω_α *un sous-ensemble non vide de* H_α *tel que :*

a. $p_{\alpha\beta}(\Omega_\beta) = \Omega_\alpha$;

b. $x, y \in \Omega_\alpha$ *et* $x \subseteq y$ *entraînent* $x = y$;

c. si $h_\alpha = p_{\alpha\beta}(h_\beta)$, $x_\alpha \subseteq h_\alpha (x_\alpha \in \Omega_\alpha)$ *et s'il existe* $y_\beta \subseteq h_\beta (y_\beta \in \Omega_\beta)$, *alors il existe* $x_\beta \subseteq h_\beta (x_\beta \in \Omega_\beta)$ *tel que* $p_{\alpha\beta}(x_\beta) = x_\alpha$.

Sous ces hypothèses, on peut choisir dans chaque Ω_α *un élément* x_α *de sorte que* $x_\alpha = p_{\alpha\beta}(x_\beta)$ *toutes les fois que* $\alpha < \beta$.

2. Dans toute la suite, G est limite projective de groupes de Lie G_α.

Théorème 2. — *Soit* $g_\mu(t)$ *un sous-groupe à un paramètre de* G_μ. *Alors* G *contient un sous-groupe à un paramètre* $g(t)$ *tel que* $f_\mu[g(t)] = g_\mu(t)$.

Démonstration. — Les $f_{\alpha\beta}$ induisent des homomorphismes $f^0_{\alpha\beta}$ des algèbres de Lie AG_α des groupes G_α; H_α sera la lattice des sous-espaces vectoriels de AG_α, $p_{\alpha\beta}$ l'application de H_β sur H_α déduite de $f^0_{\alpha\beta}$, Ω_α $(\alpha > \mu)$ l'ensemble des transformations infinitésimales de AG_α appliquées sur X_μ [transformation engendrant $g_\mu(t)$] par $f^0_{\mu\alpha}$. Les hypothèses du théorème 1 sont remplies et l'on peut choisir $X_\alpha \in AG_\alpha$ tel que $f^0_{\alpha\beta}(X_\beta) = X_\alpha$; $g(t) = [\exp(tX_\alpha)]$ est le sous-groupe de G cherché.

On peut procéder de façon analogue avec un nombre quelconque de sous-groupes à 1 paramètre de G_μ et en particulier montrer que la fibration de G par le noyau de f_μ admet une section locale [2], d'où dimension G $\geq$ dimen-

[1] *Cf.* A. Weil, *L'intégration sur les groupes topologiques* (*Act. Sc.*, 869, Paris 1940), dont nous suivons les notations.

[2] Un théorème plus général et sa démonstration, analogue à celle du théorème 1, seront donnés dans une prochaine Note.

sion G_μ, si l'on appelle dimension de G la borne supérieure des dimensions de ses compacts (³); de 2 on tire le

THÉORÈME 3. — *Si* G *est connexe, la composante connexe par arc de l'élément neutre est un sous-groupe invariant partout dense dans* G.

3. THÉORÈME 4. — *On peut choisir dans chaque* G_α *un sous-groupe semi-simple maximal* S_α *de sorte que* $f_{\alpha\beta}(S_\beta) = S_\alpha$ *quand* $\alpha < \beta$.

Les radicaux des G_α sont toujours appliqués les uns sur les autres par les $f_{\alpha\beta}$. Le théorème 4 assure ainsi l'existence de décompositions de Lévi *cohérentes*. Pour déduire 4 de 1, on prend pour H_α l'ensemble des sous-algèbres de AG_α, et pour Ω_α l'ensemble des sous-algèbres semi-simples maximales de AG_α. Pour vérifier *a* et *c* il faut utiliser un théorème de Malcev (⁴) disant que les sous-groupes semi-simples maximaux d'un groupe de Lie sont conjugués. Il admet l'extension suivante :

THÉORÈME 5. — *Si* (S_α), (S'_α) *sont deux systèmes cohérents de sous-groupes semi-simples maximaux, les sous-groupes* $S = \lim(S_\alpha; f_{\alpha\beta})$ *et* $S' = \lim(S'_\alpha; f_{\alpha\beta})$ *de* G *sont conjugués.*

A l'aide du théorème 4, on peut ramener la démonstration de la proposition : *Le* $n^{\text{ième}}$ *groupe d'homotopie* $\pi_n(G)$ *de* G *est la limite projective des groupes* $\pi_n(G_\alpha)$ (⁵) au cas aisé à traiter où G est compact (si $n \geq 2$). C'est encore vrai pour $n = 1$, mais moins immédiat; en particulier, $\pi_2(G) = 0$, et G est simplement connexe si les G_α le sont.

4. THÉORÈME 6. — *Si* G *est localement compact, il existe un indice* ν *tel que le noyau* $N_{\alpha\beta}$ *de* $f_{\alpha\beta}$ *soit compact et que* G_β *soit localement isomorphe au produit direct* $G_\alpha \times N_{\alpha\beta}$, *lorsque* $\nu < \alpha < \beta$.

L'existence d'un μ tel que $N_{\mu\alpha}$ soit compact est immédiate; alors $N_{\mu\alpha}$ est localement isomorphe au produit direct $T_{\mu\alpha} \times P_{\mu\alpha}$ d'un tore par un groupe semi-simple; tous deux sont invariants dans G et $T_{\mu\alpha}$ est dans le centre de G_α; d'après un théorème bien connu, G_α est localement isomorphe à $G'_{\mu\alpha} \times P_{\mu\alpha}$. En substituant aux $G'_{\mu\alpha}$ leurs algèbres de Lie, on est ramené au :

LEMME. — *Soit* $(AG_\alpha; f_{\alpha\beta})$ *un système d'algèbres de Lie et d'homomorphismes* $f_{\alpha\beta}$ *de* AG_β *sur* AG_α $(\alpha < \beta)$ *vérifiant :* $f_{\alpha\gamma} = f_{\alpha\beta} \circ f_{\beta\gamma}$ $(\alpha < \beta < \gamma)$.

Si pour tout $\alpha > \mu$ *le noyau de* $f_{\mu\alpha}$ *est dans le centre de* AG_α, *il existe* ν *tel que* G_β *soit le composé direct de* G_α *et du noyau de* $f_{\alpha\beta}$, $(\nu < \alpha < \beta)$.

Les deux théorèmes de K. Iwasawa (⁶) sur la structure des (L)-groupes connexes se déduisent facilement des théorèmes 1 et 6.

(³) Cela suppose G localement compact.

(⁴) *Bull. Ac. Sc. U. R. S. S.*, 8, 1944, p. 129-60.

(⁵) *Cf.* J. P. SERRE, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 916.

(⁶) *Ann. Math.*, (2), 50, 1949, p. 507-558, théorèmes 11 et 13.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains espaces vectoriels topologiques.* Note de MM. **Jean Dieudonné** et **Alfredo Pereira Gomes**, présentée par M. Élie Cartan.

M. Köthe ([1]) a récemment défini une classe d'espaces vectoriels topologiques qu'il appelle les *Stufenraüme*, et dont il a étudié en détail les propriétés. Nous précisons et étendons dans cette Note certains des résultats de Köthe à une catégorie d'espaces plus générale ([2]).

1. Soit (b_{mn}) une suite double de nombres >0 : soit E l'ensemble des suites $u=(u_n)$ de nombres complexes telles que, pour tout m, $\sum_{n=1}^{\infty} b_{mn}|u_n|^r < +\infty$, r étant un nombre fixe ≥ 1. On appelle *espace échelonné d'ordre* r l'ensemble E muni de la topologie définie par les semi-normes $p_m(u)=\left(\sum_{n=1}^{\infty} b_{mn}|u_n|^r\right)^{1/r}$. On peut toujours se ramener au cas où $1 \leq b_{mn} \leq b_{m+1,n}$ pour tout couple d'indices, et où $\limsup_{n\to\infty} b_{m+1,n}/b_{mn}=+\infty$. L'espace E est alors un espace $(\mathcal{F})$ non normable, de type dénombrable (c'est-à-dire contenant un ensemble dénombrable partout dense.) Les espaces échelonnés d'ordre 1 sont les *gestufte Raüme* de M. Köthe.

2. Le *dual* E' de E, pour $r>1$, est identique à l'ensemble des suites $x=(x_n)$ de nombres complexes telles que, pour *un indice m au moins*, on ait $\sum_{n=1}^{\infty} b_{mn}^{-s/r}|x_n|^s < +\infty$, où $s=r/(r-1)$.

On démontre que, pour $r>1$, l'espace E est *réflexif*; ce résultat est un cas particulier du théorème suivant :

Théorème 1. — *Soit* $(E_\alpha)_{\alpha\in A}$ *une famille d'espaces localement convexes, filtrante pour la relation* $\supset$, *et telle que si* $E_\beta \subset E_\alpha$ *la topologie de* E_β *soit plus fine que la topologie induite par celle de* E_α. *Soit* E *l'intersection des* E_α, *muni de la topologie borne supérieure des topologies induites sur* E *par celles des* E_α. *Si chacun des* E_α *est semi-réflexif, l'espace* E *est semi-réflexif.*

3. On peut déterminer les conditions moyennant lesquelles E est un espace $(\mathcal{M})$ (pour $r\geq 1$) : *il faut et il suffit qu'il n'existe aucune suite partielle* (n_k) *telle que, pour tout m, la suite des* b_{m,n_k} $(k=1, 2, \ldots)$ *soit bornée* (par un nombre dépendant de m). Ce résultat se trouve implicitement dans le travail de M. Köthe pour $r=1$, mais sa démonstration ne peut s'appliquer au

([1]) *Math. Zeitschr.*, 51, 1948, p. 317-345.

([2]) Nous utilisons la terminologie du travail de J. Dieudonné et L. Schwartz sur *La dualité dans les espaces* $(\mathcal{F})$ *et* $(\mathcal{LF})$ (à paraître prochainement aux *Annales de Grenoble*). En particulier, un espace $(\mathcal{F})$ est un espace localement convexe, métrisable et complet; un espace $(\mathcal{M})$ est un espace $(\mathcal{F})$ dans lequel tout ensemble borné est fortement relativement compact.

cas général. On montre par le même raisonnement que M. Köthe, que la condition donnée ci-dessus est nécessaire et suffisante pour que, dans E′, toute suite faiblement convergente soit fortement convergente. Le théorème est alors conséquence du résultat général suivant :

THÉORÈME 2. — *Soit* E *un espace* ($\mathcal{F}$) *de type dénombrable; pour que* E *soit un espace* ($\mathcal{M}$), *il faut et il suffit que, dans le dual* E′, *toute suite faiblement convergente soit fortement convergente.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un cas de réductibilité d'équations différentielles linéaires.* Note (*) de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Henri Villat.

1. Considérons simultanément une équation d'ordre n de la forme

$$\varphi_0(x)\,y^{(n)}+\varphi_1(x)\,y^{(n-1)}+\ldots+\varphi_{n-1}(x)\,y'+\varphi_n(x)\,y=0, \tag{1}$$

et un système d'équations linéaires de la forme

$$f_{k1}y'_{k-1}+f_{k2}y_{k-1}=y_k,\ f_{n1}y'_{n-1}+f_{n2}y_{n-1}=0 \qquad (y_0=y;\ k=1,\,2,\,\ldots,\,n-1), \tag{2}$$

où les coefficients $f_{\lambda\mu}$ ($f_{\lambda 1}\neq 0$), avec $\lambda=1, 2, \ldots, n$; $\mu=1, 2$, sont des fonctions de x, continues et dérivables.

Si l'on peut faire correspondre à une équation (1), étant d'un type assigné par avance, un système quelconque (2), se ramenant à l'équation donnée (1) par élimination des $y_1, y_2, \ldots, y_{n-1}$ entre les relations (2), on obtiendra un cas de *réductibilité* ([1]) de (1). Le système (2) met en évidence le fait que la réductibilité définie de (1) entraîne l'intégrabilité par quadratures de la même équation (1).

En choisissant convenablement les fonctions $f_{\lambda\mu}$ dont on dispose arbitrairement, on peut former, d'une manière systématique, des critères d'intégrabilité d'équations (1) d'un type donné ([2]).

2. Si l'on applique les faits indiqués à l'équation

$$y''+(ax+b)y'+(Ax^2+Bx+C)y=0 \qquad (a,\ b,\ A,\ B,\ C \text{ constantes arbitraires}) \tag{3}$$

on fournit, entre d'autres, les résultats suivants :

L'équation (3) *est réductible si*

I. *Les coefficients* B *et* C *prennent l'un des quatre groupes des expressions*

(*) Séance du 13 mars 1950.

([1]) Sur la notion générale de réductibilité, *cf.* P. PAINLEVÉ, *Leçons de Stockholm*, Paris, 1897, p. 487.

([2]) Cette remarque rentre dans le cadre des idées très générales, créées par J. Drach et E. Vessiot et connues sous le nom d'*Intégration logique* des équations différentielles.

suivantes :

1° $B = -aq - bp - 2pq,$ $C = a + p - q(b+q);$

2° $B = (a+p)(b+q) + pq,$ $C = a + p - q(b+q);$

3° $B = (a+p)(b+q) + pq,$ $C = -p - q(b+q);$

4° $B = -aq - bp - 2pq,$ $C = -p - q(b+q);$

dans tous ces quatre cas A *admettant la forme* $A = -p(a+p)$, *avec* a, b, p, q *constantes arbitraires.*

II. *Le coefficient* C *admet l'une des deux formes suivantes :*

1° $$C = \frac{1}{4}(b^2 - a^2k^2) - k^2p(a+p) + (2a + 3p),$$

2° $$C = \frac{1}{4}(b^2 - a^2k^2) - k^2p(a+p) - (a + 3p)$$

dans les deux cas A *et* B *étant*

$$A = -p(a+p), \qquad B = 2kp(a+p) + \frac{1}{2}a(ak+b),$$

où a, b, k, p *sont des paramètres arbitraires*

A titre d'exemple, signalons que le système (2), correspondant au cas II, 1°, est

$$(x-k)y' + \left[(a+p)x^2 + \frac{1}{2}(b - 3ak - 4kp)x + \frac{1}{2}(ak^2 + 2k^2p - bk - 2)\right]y = y_1,$$

$$y'_1 + \left[-px + \frac{1}{2}(b + ak + 2kp)\right]y_1 = 0.$$

Le résultat sous II se généralise en partant du système

$$f(x)y' + g(x)y = y_1, \qquad y'_1 + h(x)y_1 = 0,$$

avec (s = nombre naturel)

$$(4) \qquad f(x) \equiv \prod_{\nu=1}^{s}(x - k_\nu), \qquad g(x) \equiv \sum_{\nu=1}^{s-2}\lambda_\nu x^{s+2-\nu}, \qquad h(x) \equiv \mu_1 x + \mu_2$$

et en soumettant les paramètres s, k_ν, λ_ν, μ_ν à satisfaire aux conditions (R) que nous ne reproduisons pas ici, avec lesquelles les polynômes $f' + g + fh$ et $g' + gh$ deviennent divisibles (sans reste) par le polynôme f. Ces conditions (R) étant vérifiées, on obtient un très général critérium d'intégrabilité de (3).

En considérant dans (2) des expressions de structure plus générale $A_0(x)y^{(\nu)} + A_1(x)y^{(\nu-1)} + \ldots + A_\nu(x)y$ au lieu de $a_0(x)y' + a_1(x)y$, on obtient de nombreux résultats, d'une nature générale.

3. Dans une étude à paraître sous peu, nous développerons la remarque énoncée par laquelle nous avons réussi à retrouver, comme des cas particuliers,

de nombreux résultats antérieurement connus, en montrant à la fois la raison précise de cas d'intégrabilité isolés (des cas de Kamke, de Görtler, de Conte, de Forsyth et d'autres) qui dérivent, en fait, d'une source simple commune.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Extension à l'espace à cinq dimensions de la correspondance involutive de Reye.* Note de Mlle **Paulette Mathieu**, présentée par M. Élie Cartan.

La courbe canonique de genre six à modules généraux est, dans S_5, la base d'un système linéaire à cinq dimensions d'hyperquadriques $|Q|$, qu'on rapporte projectivement aux hyperplans d'un espace projectif S'_5. Les hyperquadriques Q qui passent par un point donné M_1 se recoupent en un point M_2 et sont représentées dans S'_5 par une gerbe de sommet M'. Elles définissent dans S_5 une transformation $M_1 \rightarrow M_2$ birationnelle involutive I et entre S_5 et S'_5 une transformation $M_1 \rightarrow M'$ rationnelle (1, 2) R.

C est l'intersection d'une Q générique avec une surface F^5 à sections elliptiques, base d'un sous-système à quatre dimensions $|Q_0|$ de $|Q|$ représenté dans S'_5 par un point O'. F^5 appartient à cinq W_3^3 de Segre dont les plans σ sont quadrisécants à C : elles sont représentées dans S'_5 par cinq plans W' issus de O' et formant la figure corrélative d'un quintuple de plans de S_4 associés au sens de Segre-Stéphanos. R transforme le cône projetant F^5 d'un de ses points en un S'_3 sécant aux cinq W'. Le faisceau des coniques γ d'un plan σ passant par les traces de C sur σ est représenté dans W' par les points d'une droite issue de O'.

Les espaces Σ_3 qui coupent une des W_3^3 suivant une quadrique sont sextisécants à C : ils sont globalement invariants dans I, et dans chacun d'eux les six points de C forment avec $M_1 M_2$ un groupe de Lamé, de sorte que la trace de I sur tout Σ_3 est une involution de Reye. R transforme le réseau des Σ_3 associés à W_3^3 en le réseau des Σ'_3 passant par le plan W'.

Les cordes de F^5 forment une congruence linéaire conservée dans I : sur une corde, I se réduit à une involution de Desargues définie par le couple des points d'appui sur F^5 et celui des traces d'une Q quelconque n'appartenant pas à $|Q_0|$. R transforme les cordes de F^5 en les droites issues de O'.

Dans un plan tangent à F^5, I se réduit à une homologie harmonique ayant pour pôle le point de contact et pour axe sa polaire par rapport à Q. Le lieu des plans tangents à F^5 est une V_4^8 sur laquelle F^5 est quadruple et les W_3^3 doubles. R transforme le plan tangent en M en un cône du second ordre de sommet O' situé dans S'_3 (M). V_4^8 est ainsi transformée en un cône V'^4_4 de sommet O', enveloppe des S'_3, dual d'une V_3^3 de Segre à dix points doubles. Les plans doubles de V'^4_4 correspondant aux autres quintuples de la configuration, sont transformés dans R des droites de F^5 qui sont sextuples sur V_4^8.

Les variétés fondamentales de I sont les cinq W_3^3 et la variété V_3^{30} des cordes de C.

V_3^{30} admet C avec la multiplicité 8 et cinq courbes doubles Δ^{12} de genre 7, lieux des points doubles des coniques γ décomposées. Δ^{12} rencontre C aux 18 points du jacobien de la g_4^1 correspondante et F^5 en trois points ultérieurs. V_3^{30} coupe chaque W_3^3 suivant une réglée R^{21} de genre 13 qui admet Δ^{12} pour courbe double et C pour courbe triple. V_3^{30} coupe V_4^8 suivant les cinq R^{21} doubles et la réglée R^{30} des tangentes à C.

R transforme V_3^{30} en une surface F'^{40} ayant O' multiple d'ordre dix, coupée par les plans W' suivant des sextiques à point triple en O', qui sont doubles sur F'^{40} et transformées à la fois des Δ^{12} et des R^{21}. Les tangentes en O' à ces sextiques sont les intersections des plans doubles de V'^4_4. La transformée de R^{30} est une courbe d'ordre 40, sécante aux W' en 18 points, et bitangente aux hyperplans qui joignent les W' deux à deux.

A un point de V_3^{30} correspond dans I la corde entière; à un point de W_3^3 correspond la conique γ qui passe par ce point. A un point de F^5 correspond F^5 tout entière. A un point de C correspond le cône V_3^4 projetant F^5 de ce point : C est ainsi transformée par I en la variété V_4^{20} lieu des cordes de F^5 qui s'appuyent sur C.

V_4^{20} admet V_3^{30} double, les W_3^3 quadruples, F^5 avec l'ordre 10, et C avec l'ordre 11. R transforme V_4^{20} en un cône Γ'^{10}_4 de sommet O', lieu d'un faisceau de genre six d'espaces S'_3, qui coupent F'^{40} suivant des courbes du 8e ordre, trisécantes aux W', et la transformée de R^{30} en un seul point variable. Γ'^{10}_4 admet comme cône double le cône Γ'^{30}_3 projetant F'^{40} de O', et comme éléments quadruples les plans W'.

Dans le voisinage des points fondamentaux, R associe projectivement les plans passant par une tangente de C aux points d'un S'_3 générateur de Γ'^{10}_4. Elle associe également projectivement les S_3 passant par un plan tangent à F^5 avec les droites issues de O' dans le S'_3 associé au point de contact sur F^5.

L'hypersurface unie U_4^6 de I est la jacobienne de |Q|. Les 5 W_3^3 et V_3^{30} sont des sous-variétés simples de U_4^6. F^5 est double sur U_4^6 : en un point de F^5 le cône des tangentes à U_4^6 est le cône de Del Pezzo de F^5 en ce point. C est triple sur U_4^6 : en un point de C le cône des tangentes à U_4^6 est le cône cubique projetant F^5 de la tangente à C en ce point. U_4^6 coupe V_4^8 hors des W_3^3 suivant la V_3^{18} lieu des axes d'homologie qui passe par R^{30}.

L'hypersurface de diramation D'^6_4, transformée de U_4^6 dans R admet O' quadruple, et son cône des tangentes en ce point est V'^4_4. D'^6_4 admet les plans W' doubles et F'^{40} double. Le cône des tangentes en un point de W' est transformé de la réglée rationnelle normale R^4 de W_3^3 ayant pour directrice la conique γ correspondante. Le réseau des Σ' recoupe D'^6_4 suivant des surfaces de Kummer, dont le lieu des points doubles est F'^{40}. Un S'_3 générateur de Γ'^{10}_4 est tangent à D'^6_4 le long d'un monoïde du troisième ordre de sommet O' :

ainsi D'^{6}_{4} et Γ'^{10}_{4} sont circonscrits le long d'une V'^{30}_{3} qui admet O' avec l'ordre 7, les W' triples et F'^{40} double. V'^{30}_{3} est le lieu des coniques passant par O' des surfaces de Kummer de D'^{6}_{4}. Le lieu des coniques de ces surfaces qui ne passent pas par O' est une V'^{56}_{3} transformée dans R de la V^{48}_{3} lieu sur U^{6}_{4} des droites δ par lesquelles passent deux plans trisécants à C.

CALCUL GRAPHIQUE. — *Flexi-calculateur pour intégrales et fonction elliptiques, son application au calcul de la « courbe de l'éclaireur »*. Note (*) de M. **Emilio Herrera**, présentée par M. Donatien Cot.

L'instrument est fondé sur la propriété que possède une pièce prismatique fléchie de prendre une forme correspondant à des intégrales elliptiques. Il permet de calculer approximativement les intégrales elliptiques de première et de deuxième espèces ainsi que les fonctions *sn* et *cn*, et les valeurs de la fonction équiharmonique $\wp(u;\,0,\,1)$.

Cet appareil est formé d'une planche avec un réseau de coordonnées rectangulaires et une rainure courbe *r* qui comporte une double graduation où sont marquées les valeurs du paramètre angulaire α à l'intérieur, et celles de leurs sinus *k*, à l'extérieur. Dans cette rainure glisse un curseur *c* fixé à l'extrémité d'une lame flexible en acier portant deux graduations *l* pour les valeurs de l'intégrale elliptique de première espèce de Legendre : $u = F(\varphi, k)$ et de la fonction équiharmonique de Weierstrass $\wp(u;\,0,\,1)$ et dont l'autre extrémité est encastrée à l'origine *o* du système de coordonnées dans la direction de l'axe des ordonnées, ou vertical. Celui-ci comporte une graduation *g* pour les valeurs de $2E(\varphi, k) - F(\varphi, k)$, $E(\varphi, k)$ étant l'intégrale elliptique de deuxième espèce. Une échelle *t* avec triple graduation $\varphi = am(u)$, $x = sn(u)$ et $cn(u)$, fonctions elliptiques de Jacobi, peut tourner autour d'un axe *o'* placé au-dessous de l'origine *o*. Sur la planche se trouvent tracés aussi, un quart de cercle *q* gradué en valeurs de α, à l'intérieur, et de leurs sinus *k*, à l'extérieur, avec centre en *o'*, et une courbe K pour les *intégrales complètes*.

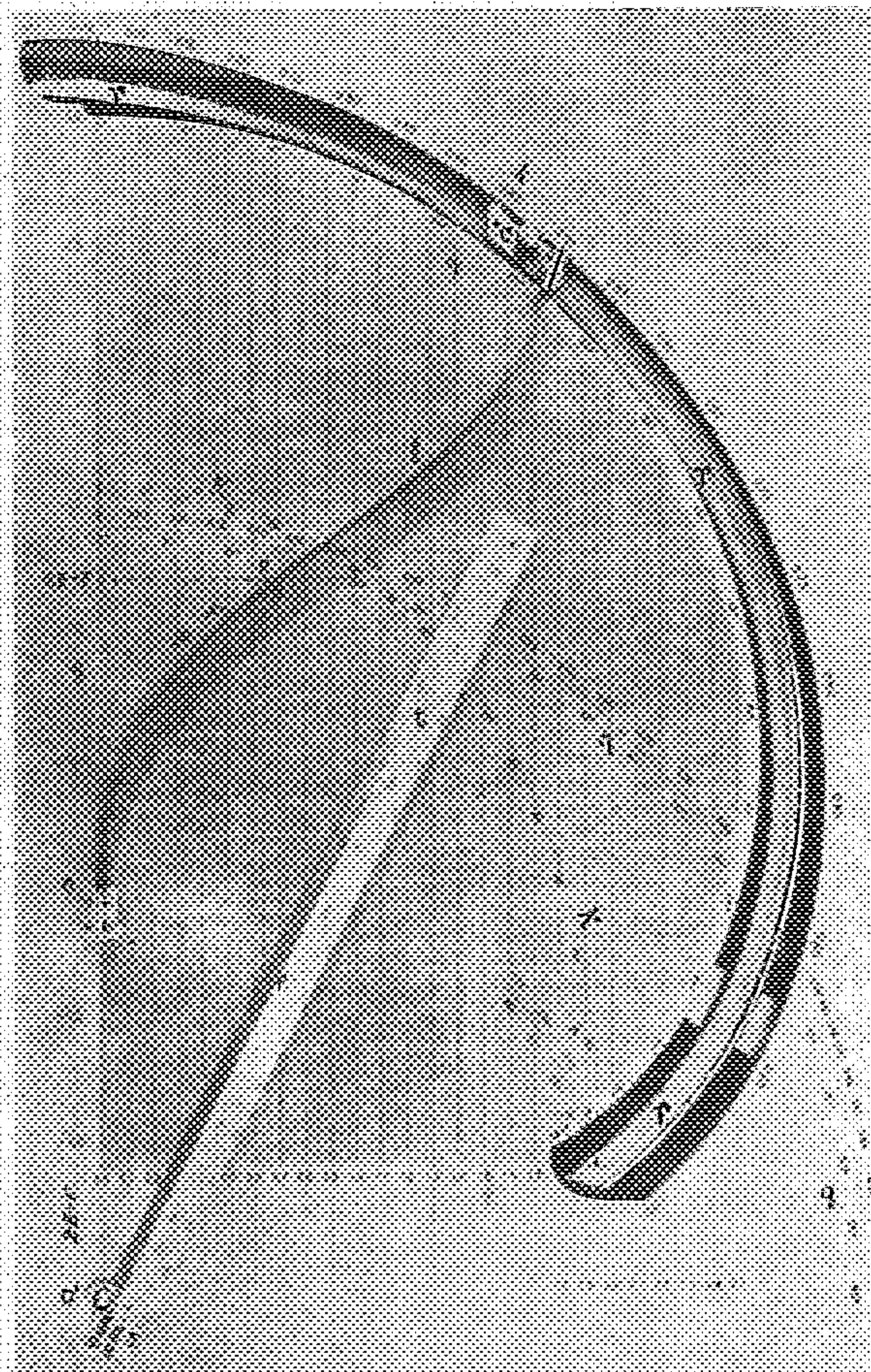
En plaçant le curseur *c* et l'échelle *t* dans les points α ou *k* des graduations *r* et *q*, respectivement, le point *p* de la lame correspondant verticalement avec le φ ou le x de l'échelle *t* donnera, sur la graduation *l* de la lame, les valeurs de l'intégrale elliptique de première espèce : $u = F(\varphi, k)$ et de la fonction équiharmonique de Weierstrass $\wp(u;\,0,\,1)$, et, par correspondance horizontale, la valeur de $2E - F$ sur la graduation *g* de l'axe vertical.

Les fonctions de Jacobi : $am(u, k)$, $sn(u, k)$ et $cn(u, k)$ sont obtenues en plaçant le curseur *c* et l'échelle *t* dans les positions correspondant à la valeur de *k*; les valeurs de $am(u)$, $sn(u)$ et $cn(u)$ se trouveront alors sur les gradua-

(*) Séance du 13 mars 1950.

tions de l'échelle t au point situé au-dessous de celui qui marque u sur la lame.

On aurait pu trouver une disposition donnant la valeur E directement, au lieu de $2E - F$, mais on a préféré la disposition citée en raison de sa simplicité et aussi, parce que la différence $2E - F$ apparaît dans les calculs aussi fréquemment que E.



Comme exemple, nous indiquons le calcul de la courbe dite de l'*éclaireur*, tracée par un point se mouvant à vitesse constante, de telle façon qu'il se trouve toujours dans l'alignement d'un point fixe et d'un autre point parcourant une ligne droite, également avec une vitesse constante. Cette courbe a été l'objet de plusieurs études détaillées à cause de son application à l'interception des aéronefs.

L'équation différentielle fondamentale du problème peut être présentée sous la forme

$$axy' = ay \pm y^2\sqrt{1 + y'^2}.$$

Le professeur Wilder ([1]) arrive à l'équation linéaire

$$2y'(1+y'^2)\,dy - (y - a\sqrt{1+y'^2})\,dy' = 0.$$

Nous avons pu intégrer cette équation par l'emploi de la variable auxilliaire $\varphi = \text{arc}\sec\sqrt[4]{1+1/y'^2}$ donnant les solutions

$$y = a\cos\varphi\left(C - \frac{2E-F}{\sqrt{2}} + \text{tg}\,\varphi\sqrt{1+\cos^2\varphi}\right),$$

$$x = a\left(C - \frac{2E-F}{\sqrt{2}}\right)\left(C - \frac{2E-F}{\sqrt{2}} + \text{tg}\,\varphi\sqrt{1+\cos^2\varphi}\right),$$

où F et E sont les intégrales elliptiques de première et deuxième espèces à argument φ et paramètre $k = 1/\sqrt{2}$.

Nous voyons que dans ce cas, comme dans plusieurs autres, les intégrales elliptiques se présentent sous la forme $2E - F$, donnée directement par notre *flexi-calculateur*.

La solution trouvée a permis le calcul d'un dispositif de commande automatique obligeant l'engin chasseur à suivre la *courbe de l'éclaireur* le conduisant à la rencontre de l'aéronef à intercepter.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Extension de la notion de paramètre de Lagrange.* Note de M. Henri Pailloux, présentée par M. Jean Chazy.

Pour étudier le mouvement d'un système de solides en contact sans frottement, et éliminer les réactions, on introduit les paramètres de Lagrange, réduisant ainsi au maximum le nombre des équations et des inconnues. Nous laissons de côté les extensions classiques au cas de paramètres surabondants, ou de liaisons avec frottement, ou de calcul de réactions, à l'aide d'un procédé extrêmement voisin. Nous proposons ici l'emploi de *fonctions-paramètres* pour l'étude du mouvement de systèmes dont la position dépend de fonctions arbitraires.

Nous supposons, dans le cas le plus simple, que le nombre des paramètres et des fonctions-paramètres est nécessaire et suffisant pour représenter toute position possible du système matériel, en conservant les liaisons. Ainsi, dans le plan xOy, la position d'un fil inextensible dont une extrémité est fixée en O, et dont l'autre est libre, peut être définie à l'aide d'une fonction arbitraire φ de l'arc s et du temps t par les relations

$$x = \int_0^s \cos\varphi\,ds, \qquad y = \int_0^s \sin\varphi\,ds.$$

Nous exposons la méthode dans le cas où le système matériel dépend

([1]) Cf. *American Mathematical Monthly*, 38, 1931.

d'une seule fonction arbitraire $\varphi(\mu)$ du point μ, qui varie dans un domaine fixe de l'espace, Δ; nous désignerons par Δ_1 le même domaine décrit par le point μ_1. Il s'introduit immédiatement des fonctionnelles telles que $\mathcal{F}[\varphi(\mu)]$ dont nous supposons qu'elles possèdent une dérivée en φ au point μ_1, notée

$$\mathcal{G}[\varphi(\mu), \mu_1] \quad \text{ou} \quad \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial \varphi};$$

nous entendons par là qu'à toute variation $\delta\varphi(\mu_1)$ correspond la variation

$$\delta\mathcal{F}[\varphi(\mu)] = \int_{\Delta_1} \mathcal{G}[\varphi(\mu), \mu_1]\,\delta\varphi(\mu_1)\,d\tau_1,$$

$d\tau_1$ étant l'élément de volume au point μ_1.

Nous partirons alors du principe d'Hamilton, selon lequel la variation

$$\int_{t_0}^{t_1} (\delta\mathcal{C} + \delta T)\,dt$$

est nulle, entre les deux instants fixes t_0 et t_1, de la trajectoire réelle du système à une trajectoire variée, ayant mêmes extrémités que la trajectoire réelle aux instants t_0 et t_1. $\delta\mathcal{C}$ et δT sont respectivement le travail virtuel de toutes les forces agissant sur le système, dans le déplacement virtuel considéré, et la variation virtuelle de la force vive. Nous calculons ces deux termes comme suit :

La position de tout point M du système est définie par une fonctionnelle $\overrightarrow{OM}(\varphi)$ supposée dérivable :

$$\delta\overrightarrow{M} = \int_{\Delta_1} \frac{\partial\overrightarrow{M}}{\partial\varphi}\,\delta\varphi(\mu_1)\,d\tau_1 = \int_{\Delta_1} \mathcal{M}[\varphi(\mu), \mu_1]\,\delta\varphi(\mu_1)\,d\tau_1.$$

Si nous désignons par F la résultante des forces agissant sur M, la somme étant étendue à tout le système, le travail virtuel est

$$\delta\mathcal{C} = \Sigma F.\delta M = \int_{\Delta} \Sigma \left\{ \int_{\Delta_1} \mathcal{M}[\varphi(\mu), \mu_1]\,\delta\varphi(\mu_1)\,d\tau_1 \right\}.F\,d\tau.$$

Intervertissons les intégrations, sous des conditions très larges :

$$\delta\mathcal{C} = \int_{\Delta_1} \Phi[\varphi(\mu), \mu_1]\,\delta\varphi(\mu_1)\,d\tau_1 \qquad \text{avec} \quad \Phi[\varphi(\mu), \mu_1] = \Sigma F.\int \mathcal{M}[\varphi(\mu), \mu_1]\,d\tau.$$

La force vive $2T$ est une fonctionnelle de φ et $\varphi' = \partial\varphi/\partial t$. Selon la méthode des équations de Lagrange, nous considérons provisoirement φ et φ' comme des fonctions indépendantes, et nous admettons que T possède des dérivées partielles fonctionnelles en φ et φ'

$$\delta T = \int_{\Delta_1} \frac{\partial T}{\partial \varphi}\,\delta\varphi(\mu_1)\,d\tau_1 + \int_{\Delta_1} \frac{\partial T}{\partial \varphi'}\,\delta\varphi'(\mu_1)\,d\tau_1.$$

Le principe d'Hamilton fait intervenir l'intégrale de cette expression entre t_0

et t_1, et nous pouvons transformer le deuxième terme par le procédé classique des équations ordinaires de Lagrange : la partie intégrée est nulle aux limites

$$\int_{t_0}^{t_1}\left[\int_{\Delta_1}\frac{\partial T}{\partial \varphi'}\delta\varphi'(\mu_1)\,d\tau_1\right]dt=\int_{\Delta_1}\left[\int_{t_0}^{t_1}\frac{\partial T}{\partial \varphi'}\delta\varphi'(\mu_1)\,dt\right]d\tau_1$$
$$=-\int_{\Delta_1}\left[\int_{t_0}^{t_1}\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \varphi'}\right)\delta\varphi(\mu_1)\,dt\right]d\tau_1.$$

Il résulte que le principe d'Hamilton conduit à la relation

$$\int_{t_0}^{t_1}\left\{\int_{\Delta_1}\left[\frac{\partial T}{\partial \varphi}-\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \varphi'}+\Phi\right]\delta\varphi(\mu_1)\,d\tau_1\right\}dt=0,$$

qui doit être vérifiée quelle que soit la variation $\delta\varphi$. D'après le raisonnement classique du calcul des variations, il faut et il suffit que le coefficient de $\delta\varphi$ soit nul, d'où une équation de Lagrange ayant la forme habituelle, mais où les dérivées partielles sont remplacées par des dérivées fonctionnelles.

L'extension au cas où interviennent plusieurs fonctions-paramètres, et aussi des paramètres, indépendants ou non, avec des relations non holonomes linéaires, se fait sans peine, et l'on retrouve formellement les équations de Lagrange habituelles dans lesquelles certaines dérivées sont fonctionnelles.

Dans le cas du fil cité plus haut, le problème se ramène à l'équation

$$\sin\varphi\int_s^l\left(X-\rho\frac{\partial^2}{\partial t^2}\int_0^s\cos\varphi\,ds\right)ds-\cos\varphi\int_s^l\left(Y-\rho\frac{\partial^2}{\partial t^2}\int_0^s\sin\varphi\,ds\right)ds=0,$$

où ρ est la densité linéaire, et X, Y les composantes de la force; ce sont en réalité des fonctionnelles si cette force dépend de la position de M ou de sa vitesse. La même équation peut être obtenue, soit à partir du principe du travail virtuel, soit à partir des équations ordinaires des fils inextensibles, par élimination de la tension.

ÉLASTICITÉ. — *Prédétermination électromagnétique de la limite probable de fatigue.* Note (*) de MM. **André Langevin**, **Emmanuel Paul** et **Marcel Reimbert**, présentée par M. Albert Caquot.

La limite de fatigue (ou endurance) d'un acier peut se déterminer par la variation de la courbe de perméabilité magnétique en fonction de l'effort de traction, variation déterminée par le plus grand effort antérieur sur l'éprouvette.

Autour d'une éprouvette en acier, soumise à des contraintes mécaniques, plaçons un solénoïde. Les variations de l'inductance présentée par ce solénoïde peuvent exprimer les variations de la perméabilité magnétique de l'acier, tant qu'il n'y a pas de modification appréciable de la section.

(*) Séance du 13 mars 1950.

Traçons un réseau de courbes (*fig.* 1), en portant en ordonnées les variations relatives de l'inductance du solénoïde et en abscisse la grandeur de l'effort formant un tenseur de traction simple dont la direction coïncide avec l'axe de l'éprouvette et du solénoïde.

Ainsi que nous l'avons décrit précédemment [1], les courbes présentent une première partie OA ascendante, de pente P, suivie d'un palier AM. Le point M correspond à la limite de réversibilité magnétique au delà de laquelle la courbe décroît.

Appliquons à l'épouvette une succession d'efforts répétés, à partir de zéro jusqu'à des maxima progressivement croissants. Il en résulte un réseau de courbes.

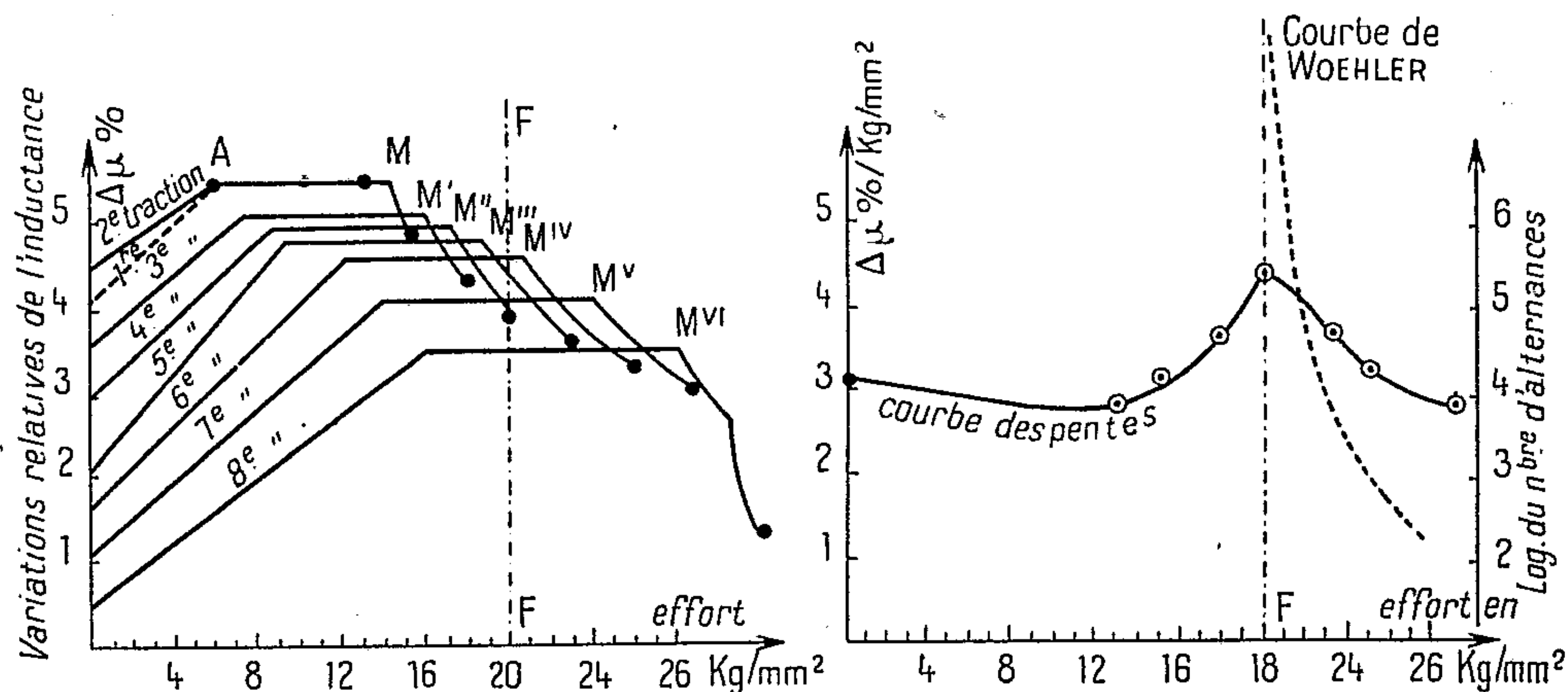


Fig. 1. Fig. 2.

Les pentes P des segments OA des courbes successives commencent par décroître pendant les premières tractions qui n'atteignent pas la limite M, comme si le métal subissait une certaine formation. Puis elles croissent progressivement lorsque la grandeur des efforts maxima dépasse la limite M. Ensuite les pentes passent par un maximum, puis décroissent ou restent constantes. Le maximum de la pente P est consécutif à la grandeur maximum de l'effort qui a été appliqué précédemment. Cette grandeur maximum correspond au plus grand effort de traction de la courbe précédente. Celui-ci définit l'abscisse F. Nous appelons l'abscisse F, *limite probable de fatigue*, parce qu'il s'agit d'un phénomène magnétique qui paraît coïncider avec le phénomène mécanique de la *limite de fatigue conventionnelle*, relatif aux efforts dynamiques.

La correspondance entre ces phénomènes d'ordres magnétique et mécanique a été établie de la façon suivante : D'abord l'abscisse F, qui définit la *limite*

---

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 715.

probable de fatigue, a été déterminée magnétiquement sur une ou deux éprouvettes de chacun des lots. Ensuite, la *limite de fatigue conventionnelle* a été déterminée avec les autres éprouvettes, restées vierges, au moyen de la méthode de Wœhler (*fig.* 2). Nous avons ainsi observé la concordance entre ces deux limites avec une approximation compatible avec le degré d'hétérogénéité des éprouvettes.

La prédétermination de la *limite probable de fatigue* permettrait, en principe, d'abréger la durée des essais dynamiques en limitant ceux-ci à l'obtention des points extrêmes qui définissent l'asymptote de la courbe de Wœhler. Cette vérification mécanique peut n'être appliquée qu'à un nombre restreint d'éprouvettes contrôlées magnétiquement.

Le diagramme de la perméabilité magnétique en fonction de l'effort traduit des modifications de l'architecture interne du métal. Il semble donc y avoir là un moyen de contrôle visuel de l'évolution interne du métal, pendant qu'on le soumet à des contraintes.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Propriétés cinématiques du corps rigide en mécanique ondulatoire*. Note de Mlle **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Le corps solide rigide en mécanique ondulatoire a été défini par Mlle Viard [1] au moyen de mouvements relatifs et de conditions de liaison. La position d'un corps rigide est définie par un trièdre T en mouvement quantique (trièdre non commutatif) par rapport au trièdre commutatif T_0 auquel on rapporte les mouvements. La vitesse d'un point d'un corps rigide est donnée par l'expression de la vitesse d'entraînement dans les mouvements relatifs. On en déduit l'expression de l'accélération. La vitesse et l'accélération d'un point ont des expressions plus compliquées qu'en mécanique classique par suite des non commutations.

Si $\mathbf{I}=\mathbf{E}_1$, $\mathbf{J}=\mathbf{E}_2$, $\mathbf{K}=\mathbf{E}_3$ désignent les vecteurs unitaires de T_0 et $\mathbf{i}=\mathbf{e}_1$, $\mathbf{j}=\mathbf{e}_2$, $\mathbf{k}=\mathbf{e}_3$ ceux de T (trièdre lié au corps),

$$\mathbf{e}_i=\alpha_j^i\mathbf{E}_j;\qquad \mathbf{E}_j=\beta_{d\ j}^{k}\,\mathbf{e}_k=\mathbf{e}_k\beta_{g,j}^{k}.$$

On a pour les dérivées symboliques des $\mathbf{e}_i$,

$$(1)\qquad \mathbf{e}'_i=\omega_{d,i}^{j}\,\mathbf{e}_j=\mathbf{e}_j\,\omega_{g,i}^{j}\quad\text{et}\quad \omega_{d,i}^{j}=\omega_{g,i}^{j}.$$

Les $\omega_{d,i}^{\ j}$ et $\omega_{g,i}^{\ j}$ caractérisent la rotation de T par rapport à T_1, en désignant

[1] *Thèse de Doctorat*, Paris, 1947.

par T_1 un trièdre d'origine O_1 et d'axes parallèles à ceux de T_0. Cherchons à introduire les angles d'Euler pour passer de T_1 à T. Tout d'abord *dans le cas général où les α_j^i ne commutent pas entre eux (trièdre* T *non commutatif non holonome), le passage du trièdre* T_1 *au trièdre* T *peut s'obtenir par le produit de trois transformations planes faisant passer successivement des bases orthonormées* **I**, **J**, **K** *à* **u**, **v**, **K** *(rotation généralisée autour de* O_1Z, *précession); de* **u**, **w**, **k** *à* **i**, **j**, **k** *(rotation généralisée autour de* O_1N, *intersection de* OXY *avec* Oxy, *nutation;* **u** *est le vecteur unitaire de* O_1N*); de* **u**, **w**, **k** *à* **i**, **j**, **k** *(rotation généralisée autour de* O_1z, *rotation propre); sous la supposition que les éléments de matrice* α^j *de la transformation de* T_1 *à* T *admettent des inverses.*

Pour chacune de ces trois transformations on peut introduire un angle d'Euler, mais on n'a pas les formules classiques, on a par exemple pour la première rotation

$$\mathbf{u} = a_1^1 \cos\varphi\, \mathbf{I} + a_1^2 \sin\varphi\, \mathbf{J}; \qquad \mathbf{v} = -a_2^1 \sin\varphi\, \mathbf{I} + a_2^2 \cos\varphi\, \mathbf{J}.$$

Les a_i^j étant des opérateurs ne commutant pas avec $\cos\varphi$ et $\sin\varphi$ (par contre $\cos\varphi$ et $\sin\varphi$ commutent entre eux) et assujettis à satisfaire aux conditions d'orthogonalité et de normalisation de **u** et de **v**.

2. Si les α_i^j commutent entre eux (en demeurant des opérateurs), on retombe sur les formules classiques de passage de T_1 à T au moyen d'angles d'Euler (les a_i^j se réduisent alors à l'unité).

Les dérivées symboliques **u**′ et **v**′ de **u** et de **v** peuvent alors s'exprimer en fonction de **u** et de **v**, soit

$$\mathbf{u}' = \omega_{\varphi,d,}{}_1^1\, \mathbf{u} + \omega_{\varphi,d,}{}_1^2\, \mathbf{v}; \qquad \mathbf{v}' = \omega_{\varphi,d,}{}_2^1\, \mathbf{u} + \omega_{\varphi,d,}{}_2^2\, \mathbf{v}.$$

Mais pour les $\omega_{\varphi,d,}{}_i^j$ on n'a pas les expressions classiques en raison des non-commutations.

On trouve

$$\omega_{\varphi,d,}{}_1^1 = \quad \omega_{\varphi,d,}{}_2^2 = \frac{1}{2}[(e^{i\varphi})' e^{-i\varphi} - e^{-i\varphi}(e^{i\varphi})'],$$

$$\omega_{\varphi,d,}{}_1^2 = -\omega_{\varphi,d,}{}_2^1 = \frac{1}{2i}[(e^{i\varphi})' e^{-i\varphi} + e^{-i\varphi}(e^{i\varphi})'].$$

En désignant par $(e^{i\varphi})'$ la dérivée symbolique de $e^{i\varphi}$; cette dérivée symbolique n'a pas la même expression que la dérivée numérique de $e^{i\varphi}$ et ne s'exprime pas au moyen de $e^{i\varphi}$, d'où la différence avec les formules de la cinématique classique pour les $\omega_{\varphi,d,}{}_i^j$. De ces expressions on déduit immédiatement les $\omega_{\varphi,g,}{}_i^j$ par les formules (1). On obtiendrait des formules semblables pour les $\omega_{\theta,d,}{}_i^j$ et $\omega_{\chi,d,}{}_i^j$ correspondant à la nutation et à la rotation propre.

3. Toujours dans le cas des α_i^j commutatifs, on peut composer les trois rotations en φ, θ, χ, angles d'Euler. Dans ce cas on obtient l'expression des ω_i^j en fonction des angles d'Euler.

On trouve

$$\omega_{d,{}^1_1} = \omega_{\chi,d,{}^1_1} + \cos\chi(\omega_{\varphi,d,{}^1_1}\cos\chi + \omega_{\varphi,d,{}^2_1}\cos\theta\sin\chi)$$
$$+ \sin\chi[\omega_{\theta,d,{}^1_1}\sin\chi + \cos\theta(\omega_{\varphi,d,{}^1_2}\cos\chi + \omega_{\varphi,d,{}^2_2}\cos\theta\sin\chi)],$$

$$\omega_{d,{}^2_1} = \omega_{\chi,d,{}^2_1} + \cos\chi(-\omega_{\varphi,d,{}^1_1}\sin\chi + \omega_{\varphi,d,{}^2_1}\cos\theta\cos\chi)$$
$$+ \sin\chi[\omega_{\theta,d,{}^1_1}\cos\chi + \cos\theta(-\omega_{\varphi,d,{}^1_2}\sin\chi + \omega_{\varphi,d,{}^2_2}\cos\theta\cos\chi],$$

$$\omega_{d,{}^3_1} = -\cos\chi\,\omega_{\varphi,d,{}^2_1}\sin\theta + \sin\chi(\omega_{\theta,d,{}^2_1} - \cos\theta\,\omega_{\varphi,d,{}^2_2}\sin\theta);$$

$$\omega_{d,{}^1_2} = \omega_{\chi,d,{}^1_2} - \sin\chi(\omega_{\varphi,d,{}^1_1}\cos\chi + \omega_{\varphi,d,{}^2_1}\cos\theta\sin\chi)$$
$$+ \cos\chi[\omega_{\theta,d,{}^1_1}\sin\chi + \cos\theta(\omega_{\varphi,d,{}^1_2}\cos\chi + \omega_{\varphi,d,{}^2_2}\cos\theta\sin\chi],$$

$$\omega_{d,{}^2_2} = \omega_{\chi,d,{}^2_2} - \sin\chi(-\omega_{\varphi,d,{}^1_1}\sin\chi + \omega_{\varphi,d,{}^2_1}\cos\theta\cos\chi)$$
$$+ \cos\chi[\omega_{\theta,d,{}^1_1}\cos\chi + \cos\theta(-\omega_{\varphi,d,{}^1_2}\sin\chi + \omega_{\varphi,d,{}^2_2}\cos\theta\cos\chi],$$

$$\omega_{d,{}^2_3} = \sin\chi\,\omega_{\varphi,d,{}^2_1}\sin\theta + \cos\chi(\omega_{\theta,d,{}^2_1} - \cos\theta\,\omega_{\varphi,d,{}^2_2}\sin\theta),$$

$$\omega^1_3 = \omega_{\theta,d,{}^1_2}\sin\chi - \sin\theta(\omega_{\varphi,d,{}^1_2}\cos\chi + \omega_{\varphi,d,{}^2_2}\cos\theta\sin\chi),$$

$$\omega^2_3 = \omega_{\theta,d,{}^1_2}\cos\chi - \sin\theta(-\omega_{\varphi,d,{}^1_2}\sin\chi + \omega_{\varphi,d,{}^2_2}\cos\theta\cos\chi),$$

$$\omega^3_3 = \omega_{\theta,d,{}^2_2} + \sin\theta\,\omega_{\varphi,d,{}^2_2}\sin\theta.$$

Ces expressions compliquées des ω_i rendent les calculs sur les corps rigides en mécanique ondulatoire beaucoup plus longs qu'en mécanique classique. Si les commutations avaient lieu entre φ' et φ, θ' et θ, χ' et χ, on retomberait sur les formules classiques; ce sont donc les non-commutations entre les angles d'Euler et leurs dérivées symboliques qui entraînent toutes les complications.

GÉODÉSIE. — *La valeur de la pesanteur à Paris dans le système de Potsdam.* Note de Mlle **Suzanne Coron**, présentée par M. Pierre Lejay.

Résultats de la compensation, par la méthode des moindres carrés, des liaisons gravimétriques modernes, directes ou indirectes, entre Paris et Potsdam.

Les différents auteurs de compensation des mesures de pesanteur ayant obtenu pour Paris des valeurs allant de 980 942^{mgal},7 (Borrass) jusqu'à 980 946^{mgal} (Morelli) en passant par la valeur 980 943^{mgal},5 (Hirvonen), il nous a paru utile de chercher à déterminer la valeur la plus probable en utilisant les dernières liaisons effectuées à l'aide de gravimètres modernes.

Nous avons choisi les liaisons, postérieures à 1900, des bases nationales reliées directement soit à Paris, soit à Potsdam et avons introduit les résultats globaux de la compensation baltique d'Hirvonen et de la compensation Schütte de l'Europe centrale.

Après avoir ramené toutes les valeurs observées, en chaque station, à un pilier déterminé, nous adoptons pour les liaisons effectuées, les différences A indiquées dans le tableau I. On trouvera de plus dans ce tableau : les stations reliées entre elles, les observateurs, les poids P attribués aux observations, enfin les valeurs finales C conclues par la méthode des moindres carrés et les différences A — C.

TABLEAU I.

	A	P	C	A-C
Potsdam–Paris :			330,5	
Putnam	331	2		0,5
Lejay	329,8	4		—0,7
Cagniard et Observateurs allemands	330,5	4		0,0
	329,9	4		—0,6
Potsdam–Teddington :			78,6	
Putnam	80,3	2		1,7
Miller	79,6	4		1,0
Teddington–Paris :			251,9	
Martin	251,7	15		—0,2
Woollard	253,2	3		1,3
Potsdam–Madrid :			1291,9	
Hecker	1293	2		1,1
Hecker–Barandica	1293	2		1,1
Paris–Madrid :			961,4	
Reignier	960,9	2		—0,5
Nörlund	961,6	1		0,2
Martin	960,5	4		—0,9
Helsinki–Potsdam :			641,4	
Compensation baltique	641,6	7		0,2
Helsinki–Stockholm :			68,4	
Nörlund	70,3	1		1,9
Compensation baltique	68,1	4		—0,3
Woollard	68,1	7		—0,3
Stockholm–Copenhague :			289,8	
Compensation baltique	290,0	3		0,2
Nörgaard	288,2	3		—1,6
Woollard	290,9	3		1,1
Copenhague–Potsdam :			283,2	
Nörlund	286,9	1		3,7
Compensation baltique	283,5	6		0,3
Copenhague–Teddington :			361,8	
Woollard	359,8	3		—2,0
Stockholm–de Bilt :			579,1	
Woollard	579,0	2		—0,1
De Bilt–Uccle :			136,8	
Vening Meinesz	137	5		0,2
Holweck	136,5	4		—0,3
Jones	137	5		0,2
Jones–B. P. M.	138	1		1,2
Potsdam–de Bilt :			6,1	
Vening Meinesz	7	5		0,9
Vening Meinesz	5	5		—1,1
De Bilt–Paris :			324,4	
Vening Meinesz	322,1	2		—2,3
Bullard	324,9	3		0,5
Uccle–Paris :			187,6	
Holweck–Lejay	189,1	2		1,5
Jones–Lejay	187,0	4		—0,6
Jones–C. G. G.	188,0	4		0,4
Martin	187,6	16		0,0
Jones–Cagniard	188,6	4		1,0
Goudey	187,1	5		—0,5
Potsdam–Binningen :			508,8	
Compensation Schütte	508,6	5		—0,2
Norlund	509,5	1		0,7
Lejay	507,8	4		—1,0
Paris–Binningen :			178,4	
Norlund	180,6	1		2,2
Holweck	179,2	5		0,8
Lejay	175,9	1		—2,5
Lejay	178,3	3		—0,1
Raccord franco-suisse	178,7	3		0,3
Paris–Milan :			377,6	
Martin	377,3	12		—0,3
Potsdam–Milan :			708,1	
Compensation italienne	709,8	2		1,7

Le Tableau II donne les valeurs finales g_1 pour chaque station dans le système de Potsdam ($g = 981\,274,0$) et l'erreur moyenne quadratique. A ce tableau, nous avons ajouté les valeurs g_2 qui seraient conclues par la même méthode *en donnant des poids égaux à toutes les observations* et l'erreur moyenne quadratique correspondante.

TABLEAU II.

	g_1.		g_2.	
Potsdam	981 274,0	–	–	–
Paris	980 943,5	±0,3	980 943,35	±0,4
Helsinki	981 915,4	0,6	981 915,9	0,8
Stockholm	847,05	0,6	847,2	0,7
Copenhague	557,25	0,5	557,7	0,7
De Bilt	267,9	0,4	267,8	0,5
Teddington	195,4	0,4	195,5	0,6
Uccle	131,2	0,4	131,0	0,6
Binningen	980 765,2	0,4	980 765,0	0,5
Milan	565,9	0,6	565,1	0,9
Madrid	979 982,1	±0,6	979 981,8	±0,6

La comparaison des résultats montre que, quelle que soit l'appréciation des poids, les valeurs conclues pour les bases nationales sont les mêmes à mieux qu'un demi-milligal près en général. Il semble donc que les valeurs de la pesanteur de ces bases européennes, soient cohérentes entre elles avec une précision de cet ordre de grandeur.

La différence mesurée à Paris (Observatoire) entre le pilier de la nouvelle cave et un pilier moyen de l'ancienne salle de pesanteur étant de 0,9 et la valeur conclue pour Paris (nouvelle cave) étant 980 943,5, on voit que la valeur adoptée jusqu'ici pour l'ancienne salle, base de départ des réseaux français ($980\,943^{\text{mgal}}$), avait été correctement fixée et n'a pas à être modifiée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une description corpusculaire et déterministe des franges d'Young*. Note (*) de M. **Marcel Boll**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons récemment proposé (1) une description de franges de diffraction à l'infini, où nous recourions à une nouvelle relation, qui fournit les extremums de la fonction sinus intégral (k étant un entier non nul) :

$$\frac{\pi}{2} - \int_0^{k\pi} \frac{\sin\alpha}{\alpha}\,d\alpha = \frac{\pi}{2} - \operatorname{Si}[k\pi] = \frac{\cos k\pi}{k\pi} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{2}{3k+1}\right)^2\right]$$

(*) Séance du 13 mars 1950.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1034.

et nous considérions le cas d'une fente horizontale, de largeur $2Z = uh/G$, disposée normalement à un flux vertical de photons, d'impulsion $G = h\nu/c$. Chaque point de la fente était précisé par son abscisse z, comptée à partir du milieu M de la fente (ou par son paramètre $x = z/Z$).

Nous supposons maintenant que l'écran opaque comporte deux fentes ([2]) parallèles et identiques (de largeur $2Z$), séparées par une surface opaque de largeur $(2L - 2Z)$, notée également $2Z(r - 1)$.

En transcrivant à nouveau les résultats de la théorie élémentaire habituelle, la nouvelle distance z' est exprimée par

$$\frac{\pi x'}{2} = 2\int_0^s \frac{\sin^2\alpha}{\alpha^2}\cos^2 r\alpha\, d\alpha$$
$$= \mathrm{Si}[2s] + \frac{r-1}{2}\mathrm{Si}[2(r-1)s] - r\,\mathrm{Si}[2rs] + \frac{r+1}{2}\mathrm{Si}[2(r+1)s] - \frac{\sin^2 s}{s}(1+\cos 2rs).$$

En diffraction pure, nous avions déterminé, par l'annulation d'un terme, les points singuliers ξ de Z, qui donnent les franges obscures de la plaque. C'est encore le dernier terme qu'il faut annuler, d'où, pour s, les conditions

$$\sigma = k\pi \qquad \text{(franges obscures de diffraction)},$$
$$2r\sigma = (2k-1)\pi \qquad \text{(franges obscures d'interférence)}.$$

Les singularités ξ' d'interférence sont alors données, non plus par un terme, mais par la somme de quatre termes

$$\frac{\pi\xi'}{2} = \mathrm{Si}[2\sigma] + \frac{r-1}{2}\mathrm{Si}[2(r-1)\sigma] - r\,\mathrm{Si}[2r\sigma] + \frac{r+1}{2}\mathrm{Si}[2(r+1)\sigma].$$

Les calculs sont notablement plus compliqués. Mais, par approximations successives, on parvient à établir une nouvelle correspondance entre les franges obscures d'interférence de la plaque, caractérisées par les déviations $\Theta' = (2k-1)\pi/2ru$, et les points singuliers d'une des demi-fentes, de paramètre ξ', tel que

$$\frac{2k-1}{2r}\exp\left[\frac{1}{2}\left(\frac{1}{3k+1}\right)^2\right] = \frac{1}{\pi^2(1-\xi')} + \frac{2(r+1)(1-\xi')}{r^2-1+\pi^4(1-\xi')}.$$

Comme la résolution de l'intégrale générale le faisait pressentir, l'interférence comporte — par rapport à la diffraction — non pas un facteur multiplicatif, mais bien un terme additif, qui tend d'ailleurs vers zéro, quand on se rapproche du bord de la fente.

Pour la vérification ($r = 3$), nous avons choisi des franges obscures d'interférence n'exigeant pas (sauf la première) d'interpolation, étant donné la

---

([2]) C'est aussi bien *une seule* fente, de largeur $(2L + 2Z)$ ou $2(r+1)Z$, médialement obturée. On peut encore dire que le centre M de symétrie a été déplacé de L (ou de rZ).

pauvreté de notre documentation numérique sur la fonction sinus intégral. C'est par cette dernière fonction que la colonne ξ' a été obtenue, et les valeurs de k (qui, dans la conception classique, sont des nombres entiers) ont été calculées par l'expression ci-dessus (on constatera que l'interférence peut intéresser des photons qui passent relativement près du milieu d'une des fentes):

ξ.	k.	ξ.	k.	ξ.	k.
0,3291	0,9774	0,9314	5,0044	0,9774	14,0133
0,7831	1,9971	0,9592	7,9930	0,9881	25,9981

Le double système de franges à l'infini est ainsi décrit dans la perspective déterministe *avec la même précision* qu'en invoquant les zones de Fresnel. Le mot *interférence* (comme, antérieurement, le mot *atome*) perdrait son sens étymologique primitif : ce phénomène, encore *mystérieux*, tiendrait à ce que le champ (et le gradient) d'impulsions, en chaque point, dépend de la *structure globale d'opacité* de l'écran (c'est-à-dire des coefficients u et r). Notre description assignerait à chaque photon une trajectoire unique et parfaitement déterminée. Qu'il y ait d'autres lois descriptives, à l'approximation près des expériences, n'est certes pas impossible. Quelle est la plus adéquate ? Et y a-t-il une hypothèse qui en rendrait compte, à titre de conséquence, comme le principe d'Huygens-Fresnel permet de calculer les franges ? Autant de questions soulevées qui ne sont pas résolues, mais notre exemple semble montrer que la recherche d'un déterminisme corpusculaire strict pour expliquer les phénomènes dits ondulatoires est dépourvu de vanité. Un modèle de ce genre pourrait se concilier avec l'interprétation proposée par Jean Ullmo (3) aux démonstrations de Johann von Neumann et de Jacques Solomon.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la production des mésons nucléaires par les photons (méson de spino).* Note de Mme **Pierrette Benoist-Gueutal**, MM. **Jacques Prentki** et **Jean Ratier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les expériences récemment effectuées (1) et (2) à Berkeley avec le synchrocycloton de 335 MeV ont mis en évidence la production de mésons π dans les chocs photon-nucléon. Les diverses études théoriques (3) de ce phénomène, qui ne tenaient pas compte du recul des nucléons, ne permettent pas d'inter-

(3) *Revue philosophique*, 139, 1949, p. 257-287 et 441-473.

(1) E. M. Mc Millan et J. M. Peterson, *Science*, 109, 1949, p. 438.
(2) E. M. Mc Millan, J. M. Peterson et R. S. White, *Science*, 110, 1949, p. 579.
(3) W. Heitler, *Proc. Roy. Soc.*, 166, 1938, p. 529; H. S. W. Massey et H. C. Corben, *Proc. Camb. Soc.*, 35, 1939, p. 84; J. Hamilton, et H. W. Peng, *Proc. Roy. Ir. Ac.*, 49 A, 1944, p. 197; L. L. Foldy, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 372.

préter l'excès observé des mésons négatifs sur les mésons positifs; une explication classique en a été donnée par K. A. Brueckner et M. L. Golberger (4).

Nous avons traité le problème en théorie quantique de manière relativiste en supposant en particulier que les nucléons obéissent à l'équation de Dirac; nous avons envisagé les cas du méson scalaire et pseudoscalaire et utilisé l'approximation de Born; il semble admissible pour de telles énergies de supposer le nucléon libre dans le noyau, mais il faudrait pour les mésons peu énergiques tenir compte du champ coulombien.

La méthode de perturbation de Feynman (5) sur laquelle sont basés nos calculs permet, connaissant le lagrangien, d'obtenir à chaque ordre d'approximation l'élément de matrice correspondant plus aisément que par la théorie ordinaire. En nous bornant aux processus du second ordre, sans corrections radiatives, nous obtenons rapidement les éléments de matrice. Il est intéressant de remarquer qu'on retrouve ici un résultat de la théorie mésique des forces nucléaires au second ordre (6) : dans le cas du méson pseudo-scalaire le couplage pseudo-vectoriel se réduit à un couplage pseudo-scalaire, la constante d'interaction devenant $f_3 = f_{ps} + 2\varkappa/\mu f_{pv}$ où $\varkappa$ et μ sont respectivement les masses du nucléon et du méson Π; dans le cas du méson scalaire le couplage vectoriel s'élimine si l'on néglige la différence de masse entre le proton et le neutron. La constante d'interaction est alors g_s. Cette propriété permet, dans une large mesure, de discuter les résultats sans préciser la valeur des constantes de couplage. Utilisant la formule de Möller (7) nous avons calculé les sections efficaces différentielles, par nucléon, de production de mésons d'énergies comprises dans un intervalle dq_0 à partir d'un photon d'énergie k non polarisé. Dans le système du laboratoire on obtient

Méson pseudoscalaire positif :

$$(1)\quad \sigma^+_{ps}(kq_0)\,dq_0 = \frac{dq_0}{32\pi}\left(\frac{ef_3}{\hbar c}\right)^2 \frac{1}{\varkappa k^2}\left\{\frac{-4\varkappa\mu^2(k-q_0)}{[\mu^2+2\varkappa(k-q_0)]^2} + \frac{2\mu^2(k-q^0)}{k[\mu^2+2\varkappa(k-q_0)]} + \frac{2\varkappa q_0 k-\mu^2 k+\mu^2\varkappa}{2\varkappa k^2}\right\}.$$

Méson scalaire positif :

$$(2)\quad \sigma^+_{s}(kq_0)\,dq_0 = \left\{\sigma^+_{ps}(kq_0) + \left(\frac{eg_s}{\hbar c}\right)^2 \frac{\varkappa}{16\pi k^2} \times\left(\frac{4q_0}{k[\mu^2+2\varkappa(k-q_0)]} - \frac{2\mu^2}{[\mu^2+2\varkappa(k-q_0)]} - \frac{1}{k^2}\right)\right\} dq_0.$$

Mésons négatifs :

$$(3)\quad \sigma^-_{ps}(kq_0) = \alpha(kq_0)\sigma^+_{ps}(kq_0);\qquad \sigma^-_{s}(kq_0) = \alpha(kq_0)\sigma^+_{s}(kq_0)\qquad \text{où}\quad \alpha(kq_0) = \left(\frac{2\varkappa k}{\mu^2-2\varkappa q_0}\right)^2.$$

(4) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1725.

(5) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 749 et 769.

(6) K. M. Case, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 14.

(7) *Det. Kgl. Danske Vidensk.*, 23, 1945, n° 1.

Le rapport σ^-/σ^- est celui obtenu de façon classique ([4]); on peut en déduire l'excès négatif pour des mésons d'énergie q_0 émis dans une direction donnée.

Les sections efficaces totales $\Sigma(k)$ pour la création de mésons de spin o à partir d'un photon d'énergie k s'obtiennent en intégrant (1), (2) et (3) par rapport à q_0 entre ses deux valeurs extrêmes compatibles avec l'énergie k donnée. Si dans les formules donnant $\Sigma(k)$ on passe à la limite $\varkappa$ infini on retrouve les expressions de Foldy ([3]). Le rapport $\Sigma^-(k)/\Sigma^+(k) = \beta(k)$ augmente lentement avec k, restant cependant plus grand pour le méson pseudoscalaire. Bien que $\beta(k)$ calculé de cette façon ne soit pas directement lié au rapport expérimental ([2]), 1,7 la quasi-stabilité de $\beta(k)$ au voisinage de cette valeur indique que le recul des nucléons doit être l'effet principal responsable ce cette dissymétrie.

Pour étudier théoriquement la distribution spectrale des mésons émis dans les conditions expérimentales de Berkeley ([2]), il faut remarquer que le faisceau incident de photons n'est pas monocinétique, mais correspond à une distribution de *Bremsstrahlung* aux grandes énergies qui est approximativement en $1/k$. Le nombre de mésons d'énergie comprise entre q_0 et $q_0 + dq_0$ est alors proportionnel à $\Sigma(q_0)\,dq_0 = dq_0 \int_{k_1}^{k_2} \frac{\sigma(k\,q_0)}{k}\,dk$ où k_1 et k_2 sont les valeurs extrêmes des k qui contribuent à la création d'un méson d'énergie q_0. Si l'on pose

$$\Sigma_{\text{psc}}(q_0) = A f_3^2 \Sigma'(q_0) \qquad \text{et} \qquad \Sigma_{\text{sc}}(q_0) = A g_s^2 \Sigma''(q_0),$$

la variation de $\Sigma(q_0)$ en fonction de q_0 est illustrée par le tableau suivant :

	$q_0 - \mu$ en MeV...	7,3.	14,6.	29,2.	43,8.	58,4.	116,8.	146.
Th. pseudoscalaire	$\Sigma'^-(q_0)$........	1,35	1,70	1,98	2,06	2,02	0,67	0,16
	$\frac{\Sigma^-(q_0)}{\Sigma^+(q_0)}$........	1,42	1,44	1,54	1,60	1,70	1,32	1,09
Th. scalaire	$\Sigma''^-(q_0)$.......	7,05	17,30	30,48	40,66	43,40	–	21
	$\frac{\Sigma^-(q_0)}{\Sigma^+(q_0)}$........	1,40	1,41	1,42	1,43	1,45	–	1,25

La comparaison des courbes construites à partir des valeurs de ce tableau avec celle donnée par Mc Millan indique que la théorie pseudoscalaire semble en meilleur accord avec l'expérience du point de vue de l'allure générale de la courbe et de la position du maximum. De même le rapport $\Sigma^-(q_0)/\Sigma^+(q_0)$ est en moyenne, pour le méson pseudoscalaire plus proche de la valeur 1,7 observée.

ÉLECTRICITÉ. — *Action d'un champ magnétique périodique sur une couche métallique mince sphérique*. Note de M. **Antoine Colombani**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le calcul de la chaleur dégagée par courants de Foucault dans une pellicule métallique sphérique peut être déduit directement des équations classiques de Maxwell. Mais ce calcul, très long et délicat, fait intervenir des combinaisons de fonctions de Bessel et de Legendre.

En raisonnant à partir des potentiels électromagnétiques, et en supposant l'épaisseur de pénétration $\varepsilon = (2\pi\omega\gamma)^{-1/2}$ plus grande que l'épaisseur de la couche, j'ai pu obtenir des résultats intéressants : en particulier celui qui indique une épaisseur optima $e = (3/2)(\varepsilon^2/a)$ (a rayon de la sphère) pour laquelle la chaleur produite passe par un maximum.

Ce résultat généralise ceux obtenus par J. J. Thomson dans le cas du tube, et par G. Ribaud dans le cas du disque plan perpendiculaire au champ alternatif inducteur.

Je ne donnerai ici qu'un résumé très succinct de ce calcul en régime quasi stationnaire.

En coordonnées sphériques (r, θ, φ) les composantes des champs magnétique et électrique H et h, compte tenu des conditions de symétrie ($h_r = 0$, $h_\theta = 0$, $H_\varphi = 0$) obéissent aux relations suivantes :

$$(1)\qquad \frac{\partial}{\partial\theta}(r\sin\theta\, h_\varphi) = -\, r^2 \sin\theta \frac{\partial H_r}{\partial t},$$

$$(2)\qquad \frac{\partial}{\partial r}(r\sin\theta\, h_\varphi) = \quad r\, \sin\theta \frac{\partial H_\theta}{\partial t},$$

$$(3)\qquad 4\pi\gamma r h_\varphi = \frac{\partial}{\partial r}(r H_\theta) - \frac{\partial H_r}{\partial\theta} \qquad (\gamma \text{ conductibilité}),$$

$$(4)\qquad \operatorname{div} H = 0.$$

En négligeant les termes de second ordre, l'intégration de (3) sur l'épaisseur très petite e conduit à

$$4\pi a e h_\varphi = |\, r H_\theta|_2^1,$$

les chiffres 1 et 2 correspondant respectivement aux surfaces externe et interne de la couche. En tenant compte de (4) on déduit alors

$$\frac{\partial}{\partial t}(r H_r)_1 = \frac{\partial}{\partial t}(r H_r)_2 = \frac{k}{2ae}\left|\frac{\partial}{\partial r}(r^2 H_r)\right|_2^1 \qquad \text{avec} \quad k = (2\pi\gamma)^{-1};$$

H_r se rapporte au champ à la limite de la couche, mais à l'intérieur de celle-ci. Par continuité, en fonction des potentiels extérieurs ψ_1 et ψ_2 on peut écrire

$$(5)\qquad \frac{\partial}{\partial t}\left(r\frac{\partial\psi_1}{\partial r}\right) = \frac{\partial}{\partial t}\left(r\frac{\partial\psi_2}{\partial r}\right) = \frac{k}{2ae}\left|\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial\psi}{\partial r}\right)\right|_2^1$$

Si l'on prend comme potentiel inducteur $\psi_0 = -rH\cos\theta\, e^{j\omega t}$ et comme potentiels extérieur et intérieur à la sphère

$$\psi_1 = \psi_0 + a^3 A_1 \frac{\cos\theta}{r^2} e^{j\omega t} \quad \text{et} \quad \psi_2 = \psi_0 + A_2 r\cos\theta\, e^{j\omega t},$$

les quantités A_1 et A_2 sont déterminées par (5) pour $r = a$. On trouve

$$A_1 = -\frac{A_2}{2} = -\frac{H_0(1+j\alpha)}{2(1+\alpha^2)} \quad \text{avec} \quad \alpha = \frac{3}{4\pi\omega\gamma a e}.$$

Tous les champs externes ou internes s'en déduisent facilement. En particulier, pour $r = a$, le champ électrique dans la pellicule

$$h_\varphi = H_0 \frac{\omega a}{2} \sin\theta [\sin\omega t - \cos\chi \sin(\omega t + \chi)] \quad \text{avec} \quad \alpha = \operatorname{tg}\chi.$$

D'où la quantité de chaleur

$$W = \frac{1}{T}\int_0^T \int_{r=a-e}^{a} \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} \gamma h_\varphi^2 r^2 \sin\theta\, d\theta\, dr\, d\varphi = \frac{3}{2} H_0^2 \omega a^4 \varepsilon^2 \frac{e}{9\varepsilon^4 + 4a^2 e^2}$$

qui passe par un maximum pour $e = (3/2)(\varepsilon^2/a)$ et vaut alors $W_M = (H_0^2/8)\omega a^3$. Cette valeur, indépendante de γ et proportionnelle à a^3, est identique à celle obtenue par G. Ribaud dans le cas du disque plan.

Pour la même valeur de ε une sphère pleine ($\varepsilon \ll a$) donnerait un dégagement de chaleur $W_S = (3/8)a^2\omega\varepsilon H_0^2$. D'où un gain $\eta = (W_M/W_S) = (a/3\varepsilon)$ qui peut être très élevé et susceptible d'applications importantes.

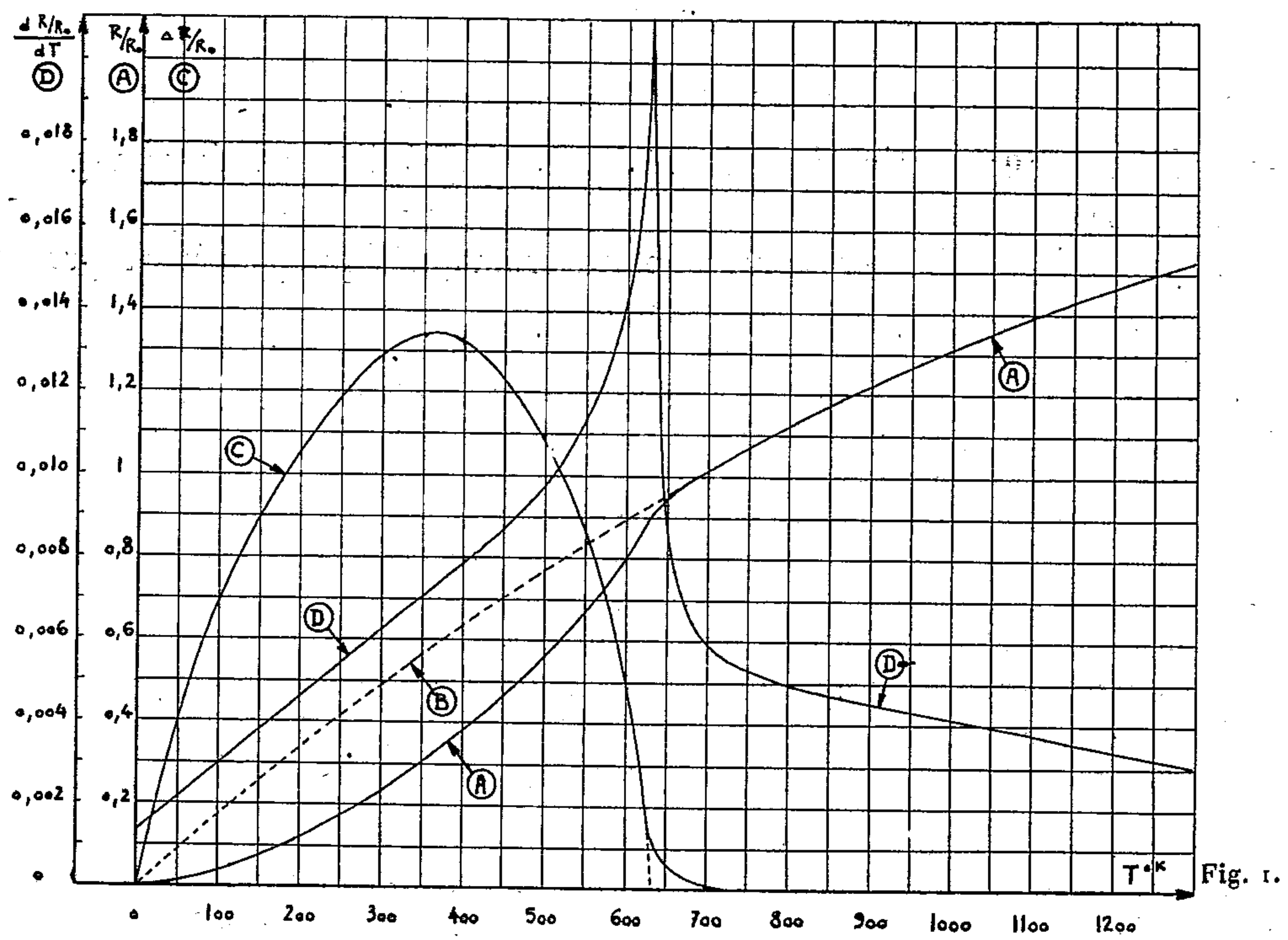
MAGNÉTISME. — *Perfectionnements et résultats nouveaux relatifs aux mesures de variation en fonction de la température, de la résistance électrique des substances ferromagnétiques.* Note (*) de M. **Georges Mannevy-Tassy**, présentée par M. Aimé Cotton.

1° *Nouvelles mesures de la variation de la résistance* R *avec la température* T *du nickel.* — Les mesures ont pu être poussées avec précision jusqu'à 1297°K (*fig.* 1). Il apparaît que la partie de la courbe A relative à l'état paramagnétique ($825 < T < 1297$°K) et assimilée à une droite par Potter est une parabole qui répond à l'équation

$$(1) \qquad \frac{R_T}{R_0} = 8{,}915.10^{-3}.T - 2{,}354.10^{-6}.T^2.$$

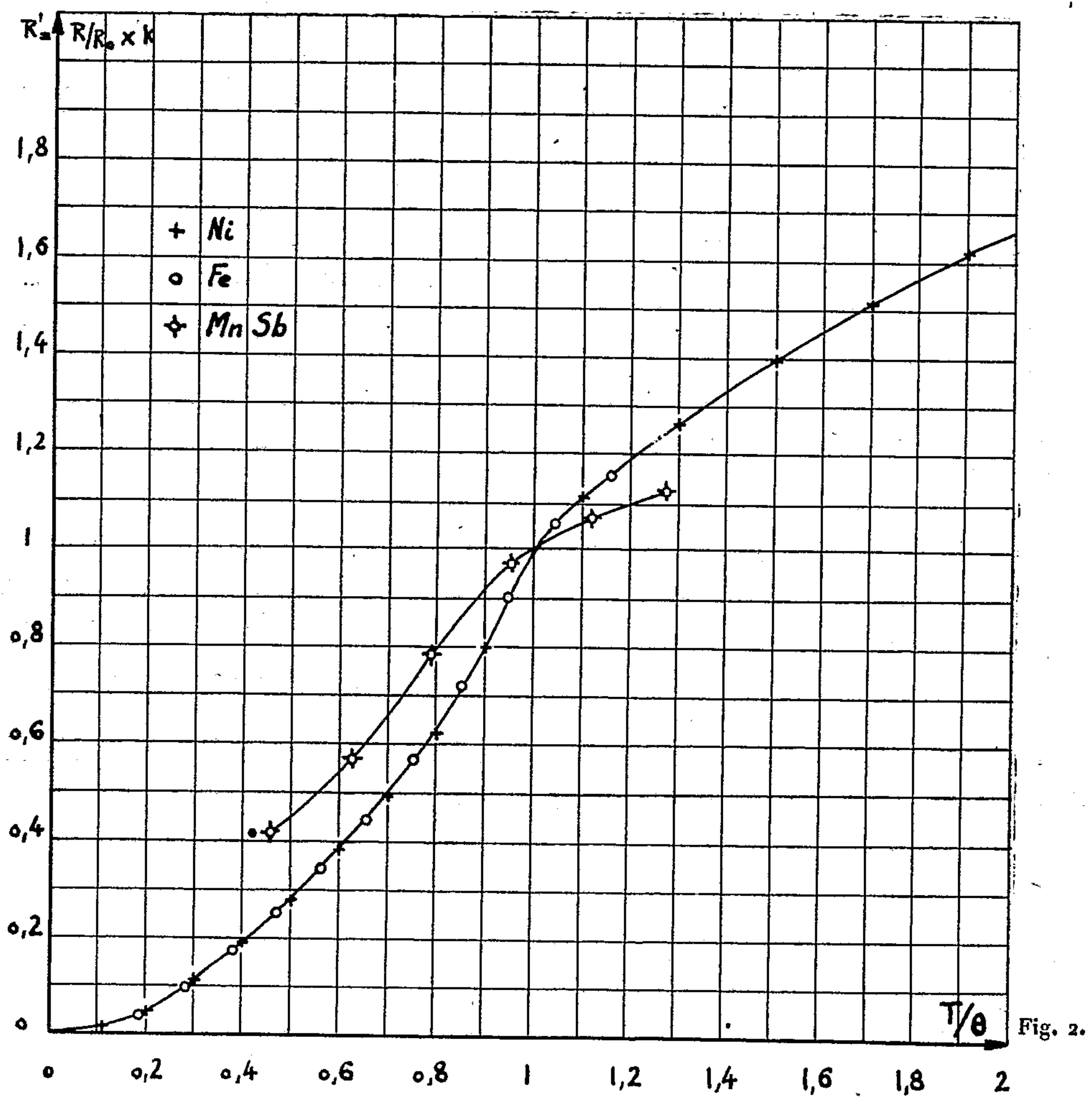
On peut alors tracer par extrapolation la courbe B d'un nickel paramagnétique hypothétique dans la zone de température du ferromagnétisme. On met ainsi

(*) Séance du 6 mars 1950.



d R/R₀ / dT
R/R₀
Δ R/R₀
D
A
C
o,o18
o,o16
o,o14
o,o12
o,o1o
o,oo8
o,oo6
o,oo4
o,oo2
1,8
1,6
1,4
1,2
1
o,8
o,6
o,4
o,2
T °K
o
1oo
2oo
3oo
4oo
5oo
6oo
7oo
8oo
9oo
1ooo
11oo
12oo
B

Fig. 1.



R' = R/R₀ × k
1,8
1,6
1,4
1,2
1
o,8
o,6
o,4
o,2
o
+ Ni
o Fe
✧ Mn Sb
T/θ
o
o,2
o,4
o,6
o,8
1
1,2
1,4
1,6
1,8
2

Fig. 2.

en évidence une diminution de résistance R/R_0 liée au ferromagnétisme (courbe C).

La partie de courbe A relative à l'état ferromagnétique peut être représentée d'une façon convenable par l'équation

$$(2) \qquad \frac{R_T}{R_0} = 8,158.10^{-6}.T^2 + 1,280.10^{-3}.T \qquad \text{pour} \quad T < 475^{\circ}.$$

Les coefficients de température correspondants ont les valeurs

$$\alpha = 5,931.10^{-3} \qquad \text{et} \qquad \beta = 8,518.10^{-6},$$

en bon accord avec les tables qui indiquent $\alpha = 60.10^{-4}$ et ne précisent pas β.

La courbe D représente les valeurs de $d(R_T/R_0)/dT$ obtenues graphiquement à partir de la courbe R_T/R_0 construite à très grande échelle.

2° *Représentation en coordonnées réduites.* — En vue de comparer les résultats obtenus sur le nickel à ceux relatifs à d'autres substances ferromagnétiques, nous avons utilisé des coordonnées réduites. T/θ, dans laquelle θ est la température de Curie, a déjà été employée par Weiss. Nous avons défini une résistance réduite $R' = R_T/R_0.k$, la constante étant calculée de façon à obtenir $R' = 1$ au point de Curie $T = \theta$.

Nous avons constaté une parfaite superposition des courbes du fer et du nickel (*fig.* 2); par contre, MnSb présente une allure différente.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'extension de la formule de Lagrange-Helmholtz au domaine du troisième ordre.* Note de M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Récemment, W. Glaser [1] a complété la formule de Lagrange-Helmholtz, pour étendre sa validité au domaine du troisième ordre. Son résultat donné sans démonstration, contient une erreur; je rétablis ici la formule exacte par deux voies différentes, en suivant, soit la méthode de l'iconale, soit celle des trajectoires.

Dans un Mémoire récent, W. Glaser a énoncé une formule [1] erronée, qu'il a pu employer sans inconvénient, le terme inexact n'intervenant pas dans l'application qu'il a traitée. Au contraire, dans la théorie des spectrographes à rayon β que j'ai récemment proposée, le terme incriminé joue un rôle important. Voici deux démonstrations de la formule

1. *Méthode de l'iconale.* — L'iconale de Seidel (ou iconale mixte) s'écrit en utilisant les notations classiques de M. Born [2]

$$S_4 = -\frac{B}{4}(\eta_1^2 + \rho_1^2)^2 + F(\eta_1^2 + \rho_1^2)(y_0\eta_1 + z_0\rho_1) + \ldots.$$

---

(1) *Zeitschrift für Physik*, **121**, 1943, p. 658-659.

(2) *Optik*, Berlin, 1933, p. 93-203.

d'où l'on tire

$$\delta y_1 = B\eta_1^3, \qquad \delta\eta_1 = F\eta_1^3.$$

Ces quantités représentent en coordonnées réduites (y_1, η_1) les écarts entre les points où le rayon réel et son approximation de Gauss percent respectivement le plan image (δy_1) et le plan de la pupille de sortie ($\delta\eta_1$). On en déduit facilement la correction $d\theta$, à apporter à la valeur gaussienne θ_g de l'inclinaison sur l'axe du rayon émergent dans le plan image

$$d\theta = \frac{b_1}{M_0}\delta\eta_1 - \frac{\delta y_1}{n_1 b_1} = \left(\frac{b_1}{M_1}F - \frac{B}{n_1 b_1}\right)\eta^3.$$

En revenant à des notations plus courantes

$$d\theta = \frac{n_0}{n_i}\left(\frac{\overline{F}}{G} - \frac{C_s}{gM_0}\right)\alpha^3.$$

n_0, n_i indices dans le plan objet et le plan image, G grandissement algébrique pour les plans conjugués : objet, image; g grandissement algébrique pour les plans conjugués : pupille d'entrée, pupille de sortie; M_0 abscisse de la pupille d'entrée comptée à partir de l'objet, $\overline{F}$ coefficient du coma défini par : $\Delta r = -3G\overline{F}\alpha^2 r_0$, C_s coefficient de l'aberration sphérique défini par : $\Delta r = GC_s\alpha^3$.

Dans le domaine de Gauss (lorsque $\delta y_1 = 0$, $\delta\eta_1 = 0$) θ devient θ_g et il est lié à l'angle α qui lui correspond au niveau de l'objet par la formule de Lagrange-Helmholtz

$$n_0 \sin\alpha = G n_i \sin\theta_g.$$

On obtient donc en général, dans le domaine du troisième ordre,

$$(1) \qquad n_i \sin\theta = \frac{n_0 \sin\alpha}{G} + n_0\left(\frac{\overline{F}}{G} - \frac{C_s}{gM_0}\right)\alpha^3.$$

Lorsque l'objet est au foyer, le produit gM_0 tend vers la distance focale objet f_0, la formule se réduit à

$$(2) \qquad \sin\theta = \frac{-n_0}{n_i}\frac{C_S}{f_0}\alpha^3 = \frac{C_S\alpha^3}{f_i}.$$

2. *Méthode des trajectoires.* — Si l'écart entre le rayon réel r et son approximation de Gauss (r_g) est noté Δr, on a

$$n_0\Delta r = \sigma(z)\int_{z_0}^{z}\sqrt{\varphi}\,S(z)\,\tau(z)\,dr - \tau(z)\int_{z_0}^{z}\sqrt{\varphi}\,S(z)\,\sigma(z)\,dz,$$

(z) désignant la trajectoire de Gauss obéissant à

$$\sigma(z_0) = \sigma(z_i) = 0, \qquad \sigma'(z_0) = 1$$

et $\tau(z)$ celle pour laquelle $\tau(z_0)=1$, $\tau(z_i)=G$, $\tau(z_p)=0$, z_p étant l'abscisse de la pupille d'entrée.

$\varphi(z)$ est le potentiel sur l'axe, $S(z)$ désigne l'ensemble classique des termes correctifs du troisième ordre; pour simplifier les notations nous nous plaçons dans le cas de la focalisation électrostatique, d'où il est facile de passer au cas magnétique ([3]), la formule finale restant inchangée.

On a alors

$$\operatorname{tg}\theta = r'_g + (\Delta r)' = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{G} + (\Delta r)'$$

et

$$(3) \qquad \sqrt{\varphi_0}\,(\Delta r)' = \sigma'_i \int_{z_0}^{z_i} \sqrt{\varphi}\, S\tau\, dr - \tau'_i \int_{z_0}^{z_i} \sqrt{\varphi}\, S\sigma\, dr.$$

L'évaluation du deuxième terme de (3) est classique et donne

$$-\tau'(z_i) \int_{z_0}^{z_i} \sqrt{\varphi}\, S\sigma\, dr = \tau'_i C_S \alpha^3.$$

Le premier terme de (3) se calcule de la même manière que le deuxième, mais le remplacement initial de σ par τ mène à

$$\sigma'_i \int_{z_0}^{z_i} \sqrt{\varphi}\, S\tau\, dr = \frac{1}{G\sqrt{\varphi_i}}\alpha^3 \left[\frac{\sqrt{\varphi_0}}{2}\left(\frac{\varphi_0}{\varphi_i G^2} - 1\right) + \bar{F}\sqrt{\varphi_0}\right];$$

et, l'on a au total, en introduisant les indices $n=\sqrt{\varphi}$ pour simplifier l'écriture,

$$(\Delta r)'_i = \alpha^3 \left[C_S \tau'_i + \frac{1}{G n_i}\,\frac{n_0}{2}\left(\frac{n_0^2}{n_i^2 G^2} - 1\right) + \bar{F} n_0\right],$$

qui est identique à la formule (1) si l'on remarque que

$$\tau'_i = -\frac{n_0}{n_i g M_0},$$

$$n_i(\operatorname{tg}\theta - \sin\theta) = n_0 \frac{(\operatorname{tg}\alpha - \sin\alpha)}{G} + \frac{n_0 \alpha^3}{2G}\left(\frac{n_0^2}{n_i^2 G^2} - 1\right).$$

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur le spectre d'absorption infrarouge de la calcite.* Note de Mlle **Jeannine Louisfert**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'absorption infrarouge de la calcite a été étudiée par différents auteurs, principalement par Matossi et ses collaborateurs. Ils ont examiné, entre 2 et 20^{μ}, des lamelles cristallines orientées, alors que d'autres auteurs se sont bornés à des domaines beaucoup plus restreints, par exemple au proche infra-

([3]) P. Grivet, *Progress in Electronics; electron lenses*, 2, 1950.

rouge comme Plyler, Ellis, etc., ou à la région de 6,4 à $7^{\mu},4$ comme Silverman (avec une grande dispersion). Les progrès dans la technique et aussi dans l'interprétation des spectres de vibration des cristaux nous ont engagée à reprendre l'étude de la calcite à l'état cristallin (accessoirement à l'état de poudre).

1. Nous avons utilisé un spectrographe Perkin-Elmer avec un prisme de chlorure de sodium ou de fluorure de calcium, et nous avons réalisé un polariseur par transmission formé de plusieurs lamelles de chlorure d'argent, recevant le faisceau de radiations sous l'incidence brewstérienne. Nous avons taillé une dizaine de lamelles de calcite parallèles ou perpendiculaires à l'axe, possédant des épaisseurs comprises entre 0,06 et 10^{mm}. Nous avons ainsi mesuré de nombreuses bandes d'absorption qui n'étaient pas connues jusqu'à présent. Il nous a été souvent possible de trouver plusieurs composantes dans des bandes indiquées comme simples. Les résultats, tant en lumière naturelle qu'en lumière polarisée, seront donnés ultérieurement.

2. L'interprétation du spectre de la calcite avait été fournie, par Matossi et ses collaborateurs, à une époque où l'on ne connaissait pas les règles de sélection des vibrations, et encore moins leur application aux cristaux. On sait maintenant que, pour interpréter le spectre de vibration des cristaux, on doit tenir compte, non seulement des ions isolés, mais du couplage de deux ou plusieurs d'entre eux, en prenant comme unité la maille cristalline. Pour la calcite, en particulier, la question a été complètement étudiée par Jean Cabannes d'une part [1] et par Mme Couture-Mathieu d'autre part [2]. Ainsi, pour chacune des vibrations internes de l'ion CO_3, on prévoit deux fréquences distinctes, quoique assez voisines, l'une étant active dans la diffusion et l'autre dans l'absorption. Par exemple, dans la région de $700\,cm^{-1}$, il existe deux vibrations, l'une du type E_g (Raman) et l'autre du type E_u (infrarouge), alors que Matossi ne donnait qu'une seule fréquence qu'il appelait ν_2. Toutes les combinaisons ou les harmoniques, dans lesquels entre par exemple $2\nu_2$, ne sont pas permises en absorption, mais il est possible de rectifier facilement la classification de Matossi, en écrivant dans ce cas $E_u + E_g$ à la place de $2\nu_2$, ce qui ne modifie pratiquement pas les résultats numériques. Il faut cependant supprimer quelques combinaisons, qui restent complètement interdites malgré la modification que nous venons d'indiquer.

Nous avons ainsi calculé, jusqu'au troisième ordre inclus, les très nombreuses bandes de combinaison que l'on prévoit à partir des vibrations internes de l'ion CO_3 entre elles, ou avec les vibrations du réseau. On trouve que *les vibrations perpendiculaires à l'axe de symétrie ternaire du cristal sont beaucoup plus nombreuses que les vibrations parallèles*. Ce résultat est conforme

---

(1) J. CABANNES, *Revue Scientifique*, 80, 1942, p. 407.
(2) L. COUTURE, *Ann. de Phys.*, 2, 1947, p. 5.

à nos expériences en lumière naturelle ou polarisée, mais il ne facilite pas l'attribution des vibrations aux bandes observées.

3. La région entre 6 et 8^{μ} se signale par une très forte absorption bien connue, qui est attribuée à des vibrations perpendiculaires à l'axe (du type E_u). Dès lors, si l'on opère avec une lamelle taillée parallèlement à l'axe, le vecteur électrique étant lui-même parallèle à cet axe, on ne doit plus trouver de maximum d'absorption. Or, dans les mesures de Matossi comme dans les nôtres, il subsiste toujours une composante de vibration parallèle à l'axe.

Pour expliquer ce résultat, nous avons repris la structure de la calcite en considérant chaque ion CO_3 et les six atomes de calcium qui l'entourent (trois au-dessus du plan CO_3 et trois au-dessous). De cette manière, Giulotto et Olivelli ([3]), et ensuite A. Kastler ([4]) ont montré que, dans des vibrations du réseau, tous les atomes d'oxygène ne se rapprochaient pas (ou ne s'éloignaient pas) également d'un même atome de calcium. Dans ces conditions, les ions CO_3 exécutaient, par exemple, dans un mouvement de translation, également un pivotement, ou encore, dans un mouvement de torsion, aussi une translation.

Si l'on applique ces considérations à une oscillation dégénérée du type E_u, active en infrarouge, il est facile de voir que *l'action des six atomes de calcium*, répartis comme nous l'avons indiqué, *a pour résultat de produire une sorte de pivotement du groupe* CO_3, *qui se traduit par l'apparition d'une composante parallèle à l'axe, alors que la vibration* E_u, *ne devrait pas en posséder.* On s'explique ainsi le résultat expérimental que nous venons de signaler.

Par contre, si l'on applique le même raisonnement à une vibration du type A_{2u}, la considération d'une action des atomes de calcium n'a pas pour effet de produire une composante perpendiculaire à l'axe, si bien que l'oscillation A_{2u} reste uniquement du type parallèle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Asymétrie des actions des radicaux* H *et* OH *dans les oxydations et les réductions produites par les radiations ionisantes.* Note de MM. **Moïse Haïssinsky** et **Marc Lefort**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons attiré l'attention dans une Note précédente ([1]) sur le fait que les oxydations provoquées par les radiations ionisantes en solution aqueuse semblent s'effectuer plus facilement que les réductions, plus particulièrement dans le cas des rayons α. Les résultats que nous avons obtenus plus récemment

---

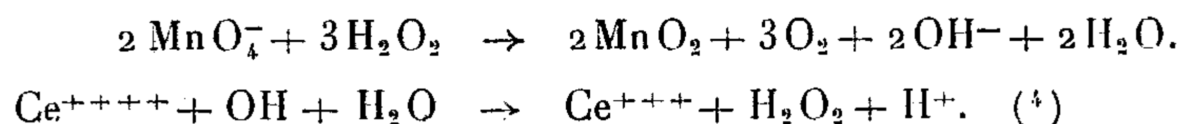
([3]) *J. Chem. Phys.*, **16**, 1948, p. 55; *Rendiconti, Ist. Lombardo di Scienze e Lettere*, **82**, 1949, p. 1.

([4]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1024; *Proc. Ind. Acad. Sci.*, **28**, 1948, p. 349.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 314.

de même que l'examen des travaux des autres auteurs [2] confirment cette conclusion. C'est ainsi que les ions I^-, Fe^{++}, AsO_3^{---}, SeO_3^{--}, $Fe(CN)_6^{----}$, la leucobase de la fluorescéine, le benzène en présence d'eau, etc., sont facilement oxydés, tandis que la réduction est difficile ou très difficile avec NO_3^-, IO_3^-, Fe^{+++}, nulle avec AsO_4^{---}, BrO_3^-, la fluorescéine; les rayons α ne réduisent pas non plus l'iode et l'oxygène dissous dans l'eau.

Il en résulte que, contrairement à ce que l'hypothèse de l'équivalence des actions des radicaux H et OH laisse prévoir [3], on observe rarement un équilibre entre la forme réduite et la forme oxydée, mais la réaction se produit le plus souvent pratiquement dans un sens. Les cas, peu nombreux, où les rayons α provoquent des réductions se classent en deux groupes : 1° rendement très faible (NO_3^-, IO_3^-, Fe^{+++}); 2° la réduction peut s'expliquer par l'action de H_2O_2 ou OH :

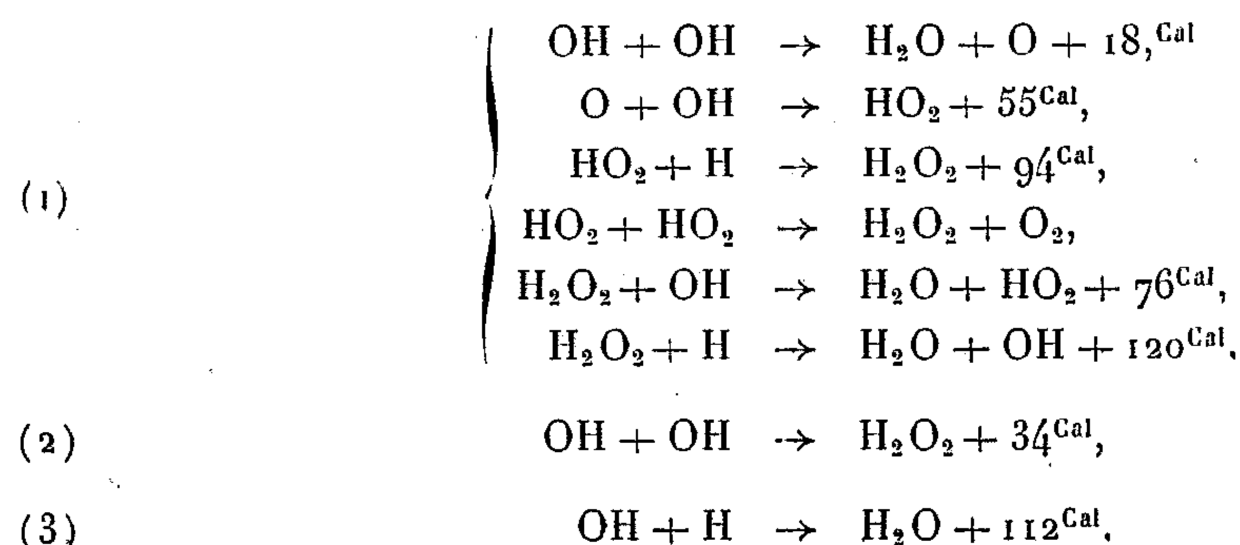


$$2\,MnO_4^- + 3\,H_2O_2 \rightarrow 2\,MnO_2 + 3\,O_2 + 2\,OH^- + 2\,H_2O.$$

$$Ce^{++++} + OH + H_2O \rightarrow Ce^{+++} + H_2O_2 + H^+. \quad [4]$$

Cette constatation importante et les considérations qui vont suivre [5], conduisent à admettre que tout au moins dans les irradiations par les rayons α les *actions sur les corps dissous des radicaux* H *sont très réduites par rapport à celles de leurs partenaires* OH *capables de provoquer soit des oxydations soit, plus rarement, des réductions.*

Il est facile de comprendre la raison de cette asymétrie si l'on considère d'abord le sort des radicaux OH et H dans leurs réactions avec les fragments formés par le solvant. Pour OH



$$(1)\quad \begin{cases} OH + OH \rightarrow H_2O + O + 18,^{Cal} \\ O + OH \rightarrow HO_2 + 55^{Cal}, \\ HO_2 + H \rightarrow H_2O_2 + 94^{Cal}, \\ HO_2 + HO_2 \rightarrow H_2O_2 + O_2, \\ H_2O_2 + OH \rightarrow H_2O + HO_2 + 76^{Cal}, \\ H_2O_2 + H \rightarrow H_2O + OH + 120^{Cal}, \end{cases}$$

$$(2)\quad OH + OH \rightarrow H_2O_2 + 34^{Cal},$$

$$(3)\quad OH + H \rightarrow H_2O + 112^{Cal}.$$

[2] Les références bibliographiques de ces travaux seront données ailleurs dans un expose plus complet.

[3] ALLEN, *J. Phys. Chem.*, 52, 1948, p. 479.

[4] Cette réaction sera justifiée dans une Note ultérieure.

[5] Nous avons été également frappés par le fait que l'on n'a pas observé jusqu'ici de réductions sous l'action des ultrasons (GRABAR et PRUDHOMME, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 323), tandis que les oxydations qu'ils provoquent sont très souvent analogues à celles

Toutes ces réactions sont exothermiques et, à part la recombinaison (3), elles conduisent à la formation de produits qui sont à leur tour des oxydants. Ces produits sont, en outre, susceptibles de déclencher des réactions en chaîne avec les corps dissous et certains d'entre eux (OH et H_2O_2) peuvent alors exercer des actions réductrices dans une mesure bien supérieure à l'importance de leur formation dans l'eau pure. Par contre, pour H,

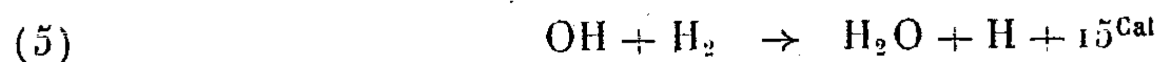


(4) $$H + H \rightarrow H_2 + 104^{Cal},$$



(3) $$H + OH \rightarrow H_2O + 112^{Cal}.$$

L'hydrogène moléculaire formé dans (4) est peu réactif et seule la réaction



(5) $$OH + H_2 \rightarrow H_2O + H + 15^{Cal}$$

donne de nouveau le radical H réducteur. Mais la concentration de H_2 formé par radiolyse étant très faible, l'action réductrice reste limitée. Celle-ci peut cependant être favorisée, si l'on opère dans une atmosphère d'hydrogène.

D'autre part, l'analyse de la répartition géométrique des radicaux et de leur diffusion autour des trajectoires montre ([6]) que la combinaison des OH est beaucoup plus facile dans le cas des rayons α que dans celui des rayons X. Si malgré cela les rendements des oxydations et, plus rarement, des réductions sont du même ordre pour les deux espèces de rayonnement, c'est encore une conséquence de la formation de produits secondaires capables de réagir.

En ce qui concerne les rayons X, la répartition des radicaux H est ici telle que ceux-ci peuvent agir plus facilement avec les corps dissous avant de se combiner entre eux. Il n'est cependant pas exclu que même ici la réduction par des produits autres que H soit importante sinon prépondérante. Les dosages précis de la composition des gaz formés au cours des réductions pourront nous renseigner sur ce point.

Remarquons pour terminer que le comportement différent des radicaux H et OH est dû en partie à la différence de leurs masses (diffusion plus rapide des H), mais surtout à la différence des valences de l'hydrogène et de l'oxygène : le premier, monovalent, dès qu'il est associé à un atome ou à un groupe d'atomes est saturé, tandis que les atomes d'oxygène perdent leur réactivité seulement dans les molécules très stables (H_2O, O_2).

---

produites par les rayons α. Bien que le mécanisme de la formation primaire des radicaux OH soit totalement différent dans les deux cas, notre point de vue permet de prévoir que les composés réductibles sous l'action de H_2O_2 ou OH seraient réduits par les ultrasons.

([6]) Lea, *Actions of Radiation on living cells*, Cambridge, 1946, chap. II; Lefort, Thèse de doctorat (en préparation).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Photoluminescence rouge visible du sulfure de cadmium.* Note (*) de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Paul Pascal.

La photoluminescence de SCd(Ag) était considérée jusqu'à présent comme n'intéressant que l'infrarouge. L'auteur, grâce à une méthode nouvelle de préparation de SCd, basée sur la précipitation de S_2Cd puis sa décomposition, a observé une émission à partir de 615 mμ. Variation de brillance avec la température de calcination et la teneur en luminogène.

Depuis les importants travaux de A. Guntz ([1]), le sulfure de cadmium est une des principales substances de base de la préparation des sulfures luminescents : mélangé au sulfure de zinc en proportion variant de 0 à 30 % il permet en effet d'obtenir de remarquables substances luminescentes de teintes s'échelonnant du vert au rouge orangé (activateur cuivre).

Cependant le sulfure de cadmium microcristallin pur, préparé sans faire appel à des moyens techniques particulièrement puissants, n'est jusqu'à présent pas considéré comme susceptible de fournir, dans les conditions ordinaires de température, une émission importante de lumière visible, même en présence de luminogène. E. Tiede et A. Schleede ([2]) et très récemment J. K. Inman, A. M. Mraz et W. A. Weyl ([3]) ont affirmé qu'il n'a pas de luminescence visible tandis que A. Guntz n'avait observé qu'une luminescence rougeâtre très faible des seuls cristaux de la variété jaune. De même, d'après les variations des spectres de luminescence obtenus avec des sulfures mixtes de zinc et de cadmium de composition variant entre 0 et 75 % de ce dernier, plusieurs auteurs et notamment N. Riehl ([4]) et S. Rotschild ([5]) ont été conduits à assigner au sulfure de cadmium pur une luminescence dans le rouge lointain et surtout dans l'infrarouge : d'après H. Kallmann la longueur d'onde minimum est voisine de 760 mμ.

En préparant le sulfure de cadmium par la méthode particulièrement simple décrite ci-dessous, j'ai constaté qu'en réalité, après activation convenable, la luminescence de ce composé s'étend sur toute la région orangée et rouge du spectre visible, à partir de 615 mμ.

En remplaçant le zinc par le cadmium dans la réaction récemment étudiée ([6]) du thiosulfate de sodium sur un sel de zinc en solution aqueuse concentrée

(*) Séance du 6 mars 1950.

([1]) *Ann. Chim.*, X^e^ série, **5**, 1926, p. 157-198 et 363-420; **6**, 1926, p. 5-55.

([2]) *Berichte*, **53**, 1920, p. 1721.

([3]) *Prep. and charact. of sol. lumin. materials : Symposium Cornel's University*, 1948, p. 182.

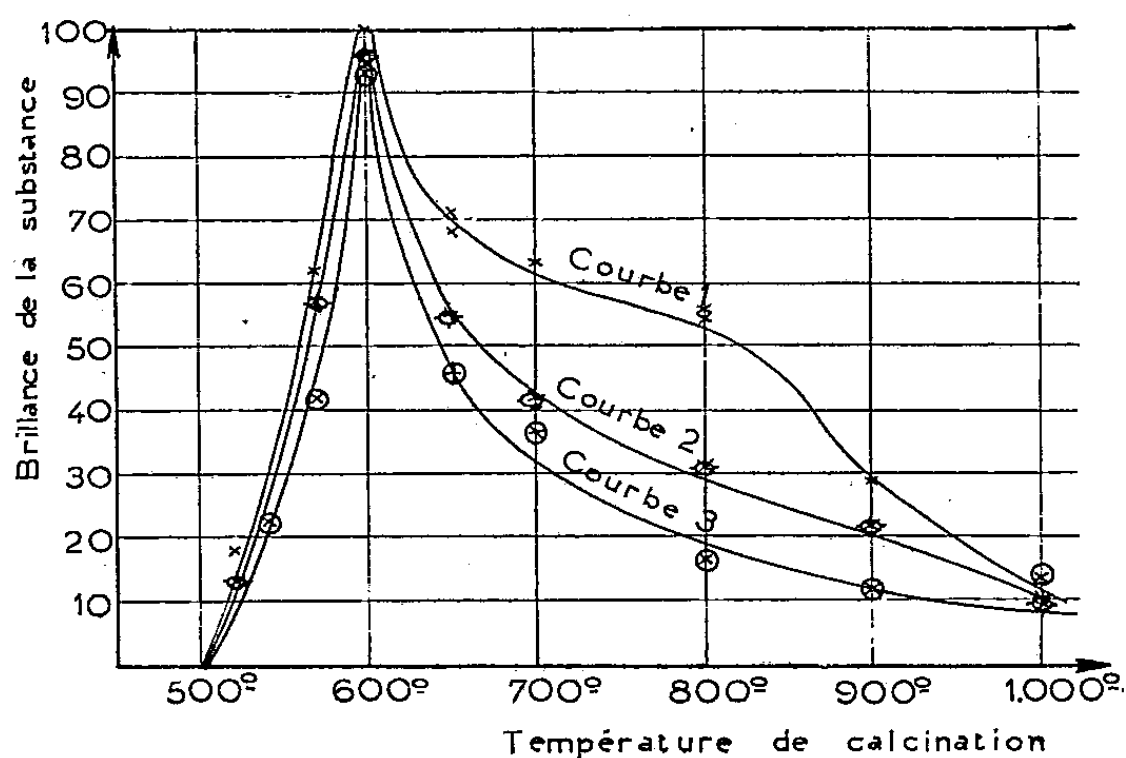
([4]) *Phys. und techn. Anvendungen d. Lumin.*, Berlin, 1941, p. 28.

([5]) *Z. f. Physik*, **108**, 1938, p. 30.

([6]) *Phys. Rev.*, **75**, 2e série, 1949, p. 623-626.

bouillante, j'ai observé la formation progressive d'un précipité. Au début, celui-ci est jaune verdâtre et contient 64,5 % de cadmium pour 35,5 % de soufre, dont exactement la moitié se transforme en hydrogène sulfuré par action d'un acide, l'autre moitié restant alors à l'état de soufre insoluble. La précipitation met donc en jeu, au moins momentanément, un disulfure de cadmium S_2Cd, composé qui rappelle S_2Zn ([7]) et qui n'a jusqu'à présent pas encore été signalé. Au bout d'un certain temps, alors que du soufre se rassemble par ailleurs, le précipité devenu abondant vire au rouge orangé : sa teneur en soufre diminue mais reste encore bien supérieure à celle du sulfure de cadmium SCd. Après une heure de chauffage en creuset de quartz brasqué par du sulfure de cadmium, le produit ne change de couleur que si la température a dépassé 450° : il reste alors une poudre jaune d'or, tandis que tout le soufre contenu en sus de la composition SCd a été éliminé.

Le sulfure pur ainsi obtenu n'est pas luminescent. Mais il suffit d'imprégner chaque gramme du produit initial de quelques centièmes de milligramme seulement d'un sel d'argent pour que, sous la lumière de Wood, il présente une belle luminescence rouge groseille, sans persistance. Le cuivre paraît être un activateur moins favorable.



Cinquante échantillons de SCd(Ag) ont été préparés : ceux obtenus dans des conditions identiques ont bien une couleur et une brillance identiques. J'ai constaté que deux facteurs influent sur l'intensité de sa luminescence : la teneur en luminogène et la température de calcination. Le diagramme ci-contre représente, en fonction de ce dernier facteur, l'intensité totale relative, mesurée au brillancemètre, de la lumière émise par des poudres contenant, par gramme de SCd : $2{,}5 . 10^{-5}$g d'argent (courbe 1), $5 . 10^{-5}$g (courbe 2) et 10^{-4}g (courbe 3),

([7]) Ed. Grillot, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 543.

l'ordonnée 100 correspondant à la poudre la plus brillante. Contrairement à ce qui se passe pour le sulfure de zinc, l'addition d'un fondant (par exemple 3 % de ClNa) ne modifie pas sensiblement la luminescence.

La température minimum de calcination est 520°, l'optimum 600° ± 10°. La nécessité de calciner à température relativement basse fournit vraisemblablement une des raisons pour lesquelles la luminescence rouge du SCd(Ag) est passée jusqu'à présent inaperçue. D'autres raisons proviennent probablement de ce qu'il est nécessaire de le préparer et de le maintenir exempt d'oxyde de cadmium et à l'abri de toutes les impuretés métalliques qui abondent dans les fours, même à 600°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude diélectrique et magnétochimique de quelques chlorures d'allyle phényle-substitués.* Note (*) de MM. **Nguyen-Quang Trinh** et **Henri Martin**, présentée par M. Paul Pascal.

Faisant suite à l'étude des deux chlorures isomères : le chlorure de cinnamyle et le chlorure de phénylallyle secondaire ([1]), le présent travail a pour objet l'examen de quatre autres chlorures : le chlorure de αα-diphénylallyle $C{=}CHCH_2Cl$, le chlorure de phénylstyryle $-CH{=}CHCHCl$, le chlorométhylstilbène $-CH{=}CCH_2Cl$ et le chlorure de benzhydryle $CHCl$, ce dernier servant de terme de comparaison.

Substance.	R. M. calculé.	R. M. trouvé.	$P_{2\infty}$.	$10^{18}\mu$.	$-K_M.10^{16}$ calculé.	$-K_M.10^{16}$ trouvé.
I. Chlorure de αα-diphénylallyle.	68,65	71,2	149	1,93	146,6	146,1
II. Chlorure de phénylstyryle....	68,65	–	155,5	2,02	146,6	140,7
III. Chlorométhylstilbène........	68,65	71,9	154,4	1,98	146,6	144,8
IV. Chlorure de benzhydryle.....	59,89	60,5	137,3	1,91	133,2	131,9

(*) Séance du 13 mars 1950.

([1]) H. Martin et Nguyen Quang Trinh, *Comptes rendus*, **228**, 1949 p. 688.

Dans les chlorures (I) et (III) les valeurs de la réfraction moléculaire indiquent une nette exaltation due à la conjugaison d'une double liaison avec les résonateurs benzéniques fixés sur les C de la double liaison.

La dépréciation très marquée de la susceptibilité magnétique pour le chlorure (II) indique un comportement anormal du Cl attaché au C ternaire en α du noyau benzénique. Pascal en 1909 signale que quand l'hydrogène et l'halogène sont voisins, tout se passe comme s'ils étaient déjà en partie combinés, avec amorce d'une liaison éthylénique et que la diminution est d'autant plus marquée que le départ d'une molécule d'hydracide est plus facile. Ici, il semble que cette facilité soit maximum, car le chlorure même en solution très diluée attaque le condensateur en invar dans lequel sont effectuées les mesures du pouvoir inducteur spécifique. Les mesures de vitesse de réaction ont par ailleurs [2] montré l'extraordinaire réactivité de ce corps.

La comparaison du moment dipolaire du chlorure de cinnamyle [1] ($\mu = 1,9$) avec celui du chlorure de αα-diphénylallyle ($\mu = 1,93$) montre que la substitution d'un phényl à un H sur un C doublement lié n'a pas d'effet très marqué sur le moment. Il y aurait sans doute résonance entre les deux cycles benzéniques et la double liaison. Cette résonance tendrait à assurer la coplanéité des deux cycles et la répulsion stérique qui en résulterait agrandirait l'angle valentiel des deux phényles et diminuerait par conséquent le moment du αα-diphényléthylène.

Dans les chlorures (II) et (III), les cycles benzéniques doivent être en rotation libre autour de la liaison $C_{\text{alip}} — C_{\text{arom}}$ et leur position affecte peu le moment dipolaire de la molécule. Le moment induit sur la direction C—Cl par les H du C porteur de l'halogène ou par les H du phényl est assez faible à cause de leur inclinaison sur la chaîne carbonée. Il est maximum quand l'halogène est fixé sur un C secondaire ou tertiaire (moment 2,02 du chlorure II comparé avec moment 1,98 du chlorure III). Ceci doit venir de ce que la polarisation de C-Cl dans ces cas est plus importante du fait de la présence des nombreux protons H des radicaux de substitution (soit CH_3, soit C_6H_5 par exemple) et aussi de la plus grande proximité des H dans le cas des phényles.

---

(2) H. Martin, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1081.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs d'adsorption de l'ammoniac, de l'hydrogène phosphoré et de l'hydrogène arsénié sur le charbon actif.* Note de M. **Jack Bastick**, présentée par M. Paul Pascal.

L'emploi du calorimètre à glace de Bunsen nous a permis de mesurer les chaleurs d'adsorption de NH_3, de PH_3 et de AsH_3 sur le charbon actif avec une précision de 2 % environ. L'influence des conditions du dégazage a été étudiée dans le cas de l'ammoniac. Les résultats relatifs à l'hydrogène arsénié mettent en évidence un phénomène de chimisorption pour des concentrations inférieures à $0{,}5 . 10^{-4}$ mol/g de gaz par gramme de charbon.

Un travail précédent sur l'oxydation catalytique de l'hydrogène arsénié ([1]), nous a conduit à entreprendre l'étude systématique de l'adsorption de ce gaz sur les charbons actifs, le gel de silice, l'alumine activée, etc., et à étendre ce travail à l'hydrogène phosphoré et à l'ammoniac; ce dernier gaz, qui a déjà fait l'objet de nombreuses recherches, fournira un terme de comparaison. Dans la présente Note, nous publions les résultats relatifs à l'adsorption de ces gaz sur le charbon.

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un calorimètre à glace de Bunsen, selon une méthode déjà décrite par de nombreux chercheurs, notamment Titoff ([2]), Keyes et Marshall ([3]), Lamb et Ohl ([4]) et, plus récemment, J. Perreu ([5]). Il est toutefois utile de préciser que le capillaire du calorimètre que nous avons construit est tel qu'un déplacement de 1^{mm} du mercure correspond à 0,2204 cal/g. A l'aide d'une loupe, on peut facilement apprécier le 1/10 de millimètre, ce qui équivaut à 0,02204 cal/g. Les quantités de gaz adsorbées sont mesurées volumétriquement. La précision globale des mesures est de 2 % environ. Les trois gaz ont été purifiés par passage sur des réactifs appropriés, puis par une condensation à la température de l'azote liquide suivie de plusieurs distillations sous vide.

Nous avons opéré avec un charbon de noix de coco activé (Acticarbone 1035) de granulation 16/25, dont les pouvoirs adsorbants, à 0° et sous une pression d'équilibre de 600^{mm}, sont respectivement de 240 cm^3/g pour l'ammoniac, 132 cm^3/g pour l'hydrogène phosphoré et 165 cm^3/g pour l'hydrogène arsénié. Les prises d'essai atteignant $1^g{,}9$ à 2^g étaient placées dans une ampoule de silice fondue, de volume tel que l'espace mort fût réduit au minimum. Nous les avons dégazées à 800° ± 2° en recueillant chaque fois les gaz

---

([1]) H. Guérin et J. Bastick, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1733-1733.

([2]) *Z. Phys. Chem.*, **74**, 1910, p. 641.

([3]) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, **49**, 1927, p. 156.

([4]) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, **57**, p. 2154.

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, **1-2**, 1949, p. 45-46.

dégagés, en les analysant et en contrôlant la perte de poids de l'ampoule. L'opération de dégazage donne des résultats reproductibles à 1 % environ.

La chaleur intégrale q_i est le nombre de calories dégagées, à l'équilibre, par l'adsorption de c mol/g de gaz sur 1^g de charbon. Rapportée à la molécule-gramme de gaz, elle s'exprime par $Q_i = (1/c)q_i$. L'expression $q_d = (dq_i/dc)^0$ est la chaleur différentielle d'adsorption à 0°; elle peut être calculée en traçant les tangentes à la courbe $q_i = f(c)$. Nous avons exprimé q_i par une équation $q_i = mc^n$, qui, dans un grand domaine, vérifie correctement les résultats expérimentaux. On en déduit $q_d = (nq_i/c)$ et $Q_i = mc^{n-1}$.

Nature du gaz.	q_i.	Q_i.	q_d.	Valable pour :
NH_3 (550°).....	$2424\,c^{0,784}$	$2424\,c^{-0,216}$	$1900\,c^{-0,216}$	$c >$ 6.10^{-4} mol/g
NH_3 (800°).....	$1857\,c^{0,724}$	$1857\,c^{-0,276}$	$1344\,c^{-0,276}$	$>$ 6.10^{-4} »
NH_3 (1000°)....	$1924\,c^{0,721}$	$1924\,c^{-0,279}$	$1387\,c^{-0,279}$	$>$ 6.10^{-4} »
PH_3 (800°).....	$2949\,c^{0,829}$	$2949\,c^{-0,171}$	$2446\,c^{-0,171}$	$>$ 3.10^{-4} »
AsH_3 (800°)....	$3609\,c^{0,847}$	$3609\,c^{-0,153}$	$3057\,c^{-0,153}$	$>$ 2,5.10^{-4} »

Le tracé des tangentes à la courbe $q_i = f(c)$ donne les chaleurs différentielles (en cal/g).

Nature du gaz...............		NH_3.			PH_3.	AsH_3.
Température du dégazage (°C).......		550.	800.	1000.	800.	800.
Concentration ($c.10^4$ mol/g)	0..........	16050	17000	19400	14600	30000
	0,1.........	–	–	–	–	21000
	0,2.........	–	–	–	–	17100
	0,5.........	–	–	–	13300	14600
	1..........	14600	16160	18200	12200	12500
	2..........	13280	15300	16820	10820	11000
	3..........	11600	14360	15100	10300	10520
	4..........	10550	13500	14030	9825	10050
	5..........	9800	12550	12790	9300	9700
	10..........	8600	9050	9350	7800	8880
	15..........	7900	8080	8300	7450	8350
	20..........	7330	7460	7750	7100	8000
	25..........	2000	7070	7250	6820	7800

Pour les concentrations élevées, supérieures à 10.10^{-4} mol/g les trois gaz ont des chaleurs différentielles voisines.

Le tableau met en évidence un phénomène de chimisorption très net pour AsH_3. Sa chaleur différentielle initiale est du même ordre de grandeur que la chaleur de décomposition. Ce fait est en accord, d'une part, avec la rétentivité déjà signalée [1] de ce gaz sur le charbon actif, d'autre part, avec la présence de faibles quantités d'hydrogène dans les gaz désorbés.

Pour l'ammoniac, l'influence de la température de dégazage est très nette aux faibles concentrations ($< 8.10^{-4}$ mol/g). Les isothermes d'adsorption

correspondantes mettent en évidence le rapport qui existe entre la chaleur d'adsorption et l'adsorbabilité.

Enfin, la chaleur propre d'adsorption $\lambda = q_d - L_0$, où L_0 est la chaleur de vaporisation à 0°, est positive pour les trois gaz. Les isothermes d'adsorption doivent donc présenter aux basses pressions une concavité tournée vers l'axe des pressions, ce que nous avons vérifié.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Singularités dans la variation des propriétés des mélanges homogènes eau-phénol.* Note de MM. **Dikran G. Dervichian** et **Robert S. Titchen**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les résultats des mesures de viscosité et de densité effectuées dans ce travail sur les mélanges d'eau et de phénol mettent en évidence l'existence de singularités dans les courbes de variation de ces propriétés en fonction de la concentration. Ces singularités apparaissent alors que l'on se trouve dans des systèmes homogènes au-dessus de la température critique de dissolution. Les valeurs particulières des proportions où se produisent ces singularités semblent coïncider avec celles pour lesquelles des changements de phases ordinaires apparaissent à des températures plus basses.

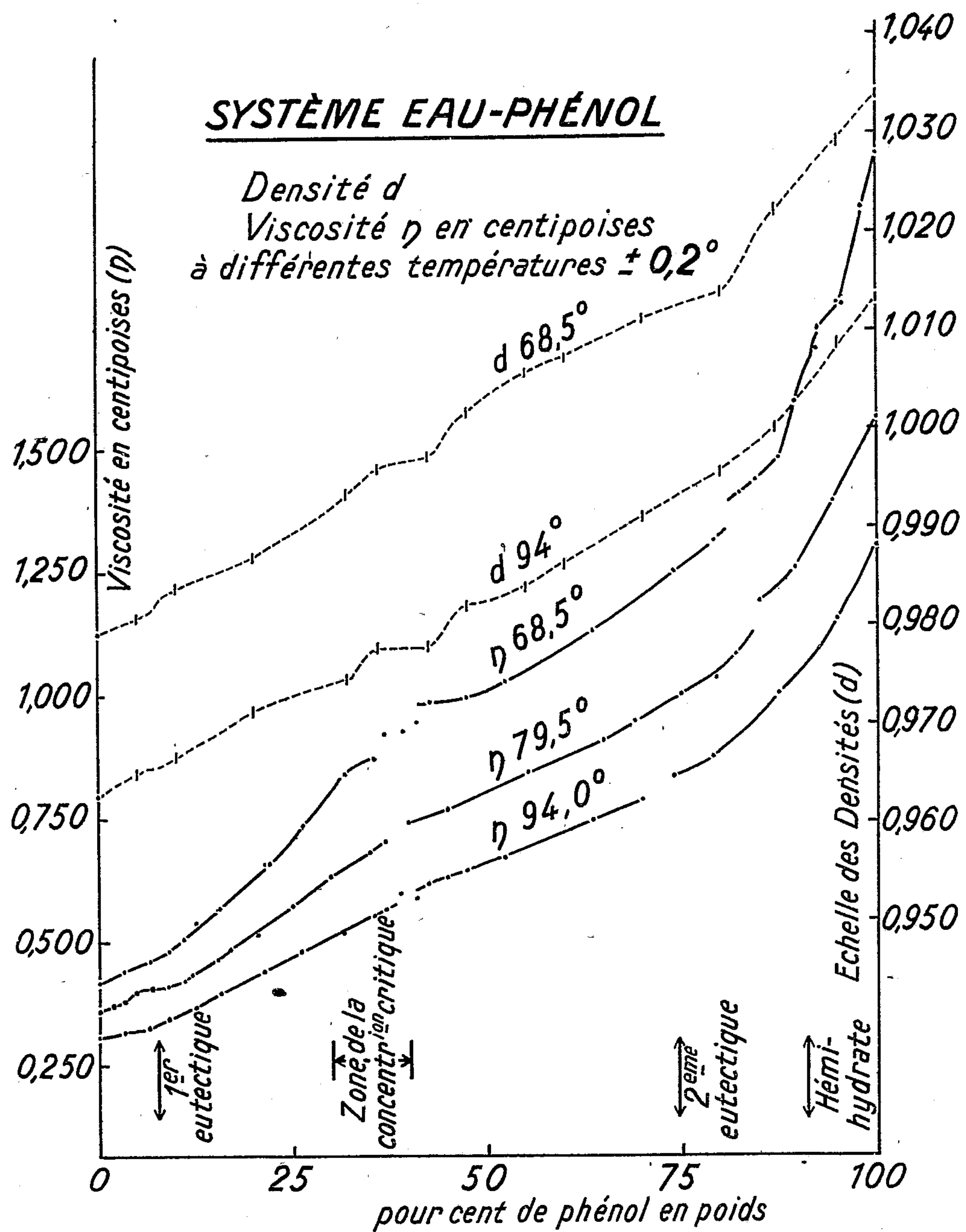
Le phénol a été soigneusement purifié (F 40°,8). La viscosité a été mesurée par la méthode d'écoulement avec un appareil du type Baume, en tenant compte des corrections d'énergie cinétique. Les densités ont été déterminées au moyen d'une ampoule de 20^{cm^3} surmontée d'une partie étirée. Toutes les mesures ont été faites dans une jaquette thermostatique. Les erreurs relatives sont de l'ordre de 1 % en ce qui concerne la viscosité et de 1 ‰ pour les densités. La précision est donc plus grande que la grosseur des points indiqués sur la figure.

Sur la figure sont indiquées par des traits verticaux les concentrations et la zone particulière de 7,5 %, 30 à 40 %, 74,5 et 91 % en phénol, correspondant respectivement à la composition d'un premier eutectique qui se produit à — 1°,0, à la zone de concentration critique de dissolution (¹), à un deuxième point d'eutexie, qui se produit à + 2°,0, et enfin à un hémi-hydrate dont l'existence a été signalée par certains auteurs (²) et qui apparaîtrait vers 16°. Dans un travail préliminaire, nous avons établi le diagramme de phases complet du système eau-phénol et précisé la position des points d'eutexie ainsi que les valeurs de la concentration critique et de la température critique (66°,2). Nous n'avons pu mettre en évidence l'existence de l'hémi-hydrate, bien que la

(¹) Rothmund, *Z. Phys. Chem.*, 26, 1898, p. 443; Hill et Malisoff, *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 918.

(²) Rhodes et Markley, *J. Phys. Chem.*, 25, 1921, p. 331.

courbe des points de fusion présente un changement d'allure de 91,7 % et à 16°.



Sur toutes les courbes de la figure, une première singularité apparaît à 7,5 % et des accidents se produisent systématiquement entre 35 et 42 %. Au-dessus de 74 %, apparaissent une ou deux singularités dont les positions semblent

varier avec la température, de sorte qu'on ne peut pas établir leur correspondance certaine avec le second point d'eutexie et l'hémi-hydrate. Nous reviendrons, dans une autre Note, sur la signification structurale et énergétique de ces singularités.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la disparition de l'antiferromagnétisme de* Cr_2O_3 *et de* CoO *sur l'activité chimique de ces deux oxydes*. Note (*) de M. **Georges Nury**, présentée par M. Louis Hackspill.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons mis en évidence l'influence de la transformation *ordre-désordre* des laitons β sur leur activité chimique. Le présent travail est consacré à l'étude de l'influence d'un autre type de transformation du second ordre : La disparition de l'antiferromagnétisme de l'oxyde de chrome trivalent Cr_2O_3 à 50° ([2]) et de l'oxyde de cobalt divalent CoO à 19° ([3]); on sait, en effet, que dans ces corps l'orientation antiparallèle des moments disparaît au-dessus d'une certaine température, pour faire place à un paramagnétisme *pur*, dont la constante Θ de la loi de Curie-Weiss est négative; ce phénomène est accompagné d'une *faible* discontinuité de la chaleur spécifique et du coefficient de dilatation ([4]).

La méthode utilisée consiste à suivre avec précision les variations de la vitesse de dissolution de ces deux oxydes dans l'acide sulfurique, en fonction de la température, autour des points de transformation considérés.

Un poids connu d'oxyde est introduit dans une éprouvette placée dans un thermostat réglé à la température désirée; on ajoute alors 50^{cm^3} $So_4H_2$20N maintenu à la même température et l'on agite mécaniquement pendant une demi-heure; la quantité d'oxyde dissous est dosée après filtration. Ces expériences ont été effectuées dans un intervalle de température compris entre 15 et 60° pour Cr_2O_3, entre 0 et 35° pour CoO.

Les résultats obtenus sont résumés sur les figures ci-contre :

La figure 1 reproduit les variations de vitesse de dissolution de Cr_2O_3.

La figure 2 est relative à la dissolution de CoO.

L'examen de ces courbes nous montre :

1° que la vitesse de dissolution de Cr_2O_3 (*fig.* 1) subit une discontinuité à 45° environ (apparition d'un maximum) et que cette vitesse, faible entre 15 et 45°, augmente rapidement au-dessus de cette température;

2° que la vitesse de dissolution de CoO (*fig.* 2) subit à 18° une discontinuité

(*) Séance du 27 février 1950.

([1]) G. Nury et H. Forestier, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 123.

([2]) G. Foëx et M[lle] Graff, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 160.

([3]) M. Foëx, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 193.

([4]) Jaffray, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 98.

analogue à celle observée pour Cr_2O_3 ; cependant on n'enregistre pas d'augmentation notable de la vitesse de dissolution au-dessus de cette température, la vitesse initiale de dissolution étant déjà relativement grande.

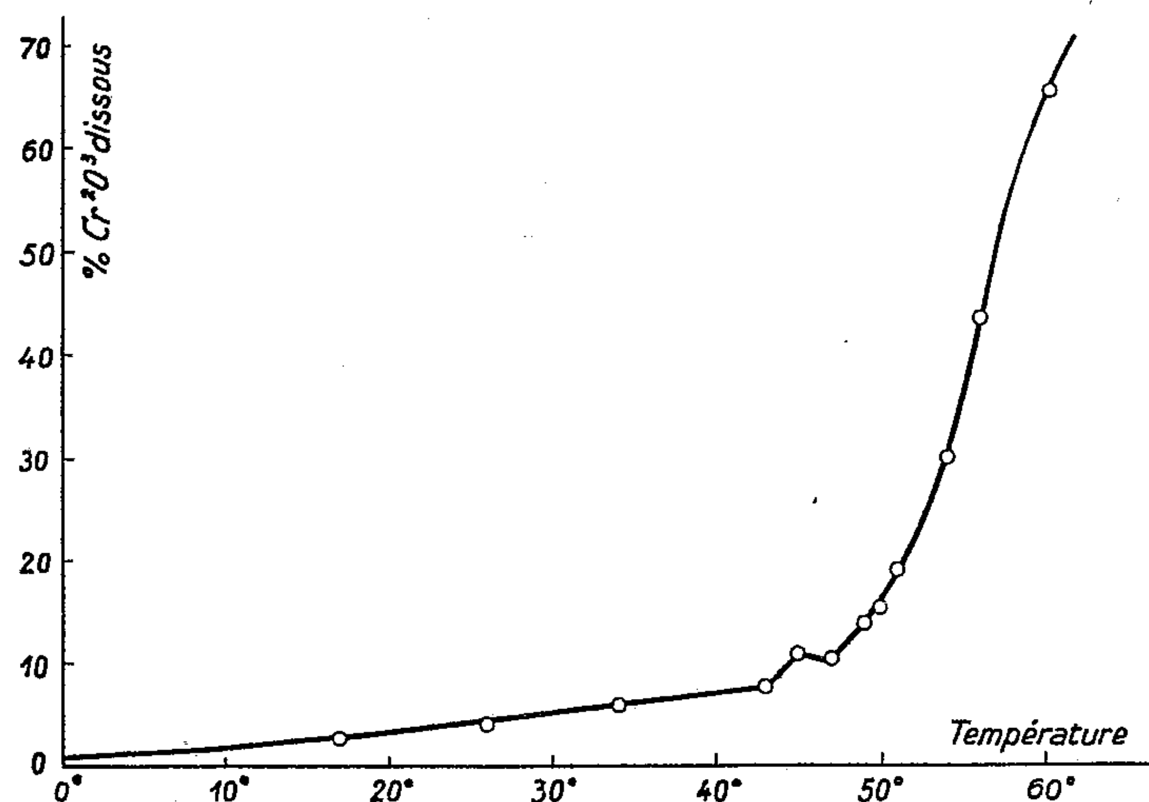


Fig. 1.

Les températures auxquelles ces anomalies se produisent nous montrent l'existence d'une relation étroite entre le passage de l'état antiferromagnétique à l'état paramagnétique pur d'une part, et l'activité chimique, d'autre part.

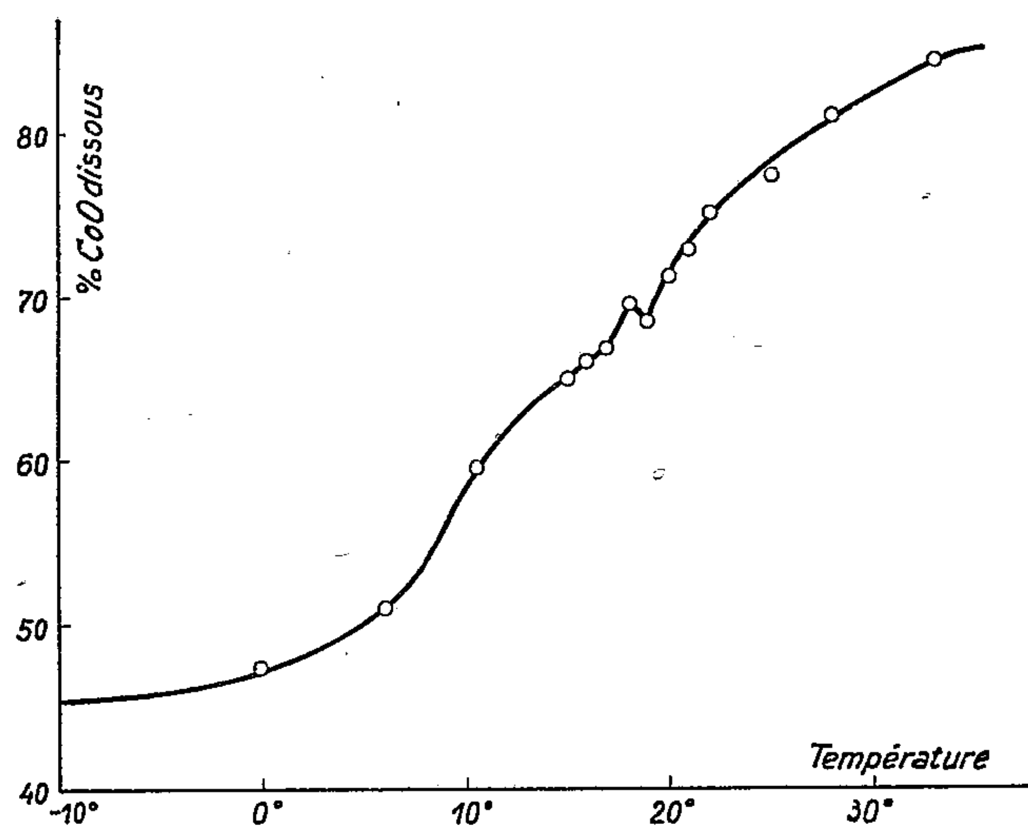


Fig. 2.

Nous retrouvons donc, dans ce cas, des résultats comparables à ceux qui ont été antérieurement obtenus tant aux points de Curie des corps ferroma-

gnétiques ([5]) qu'au point de transition ordre-désordre dans les laitons β; ainsi, une variation d'activité chimique paraît bien liée d'une manière assez sensible aux différents types de transformations du second ordre, même accompagnées de faibles variations de propriétés physiques.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Étude des catalyseurs Fischer au nickel par analyse thermique différentielle.* Note de M. **Yves Trambouze**, présentée par M. Paul Pascal.

Lors des travaux antérieurs ([1]) nous avions mis en évidence dans nos catalyseurs Fischer à base de nickel, alumine et kieselguhr, la formation d'hydroaluminate et d'hydrosilicate de nickel, au cours des traitements thermiques d'élaboration. Ces réactions ayant lieu dans l'état solide, nous avons pensé que l'analyse thermique différentielle serait susceptible de nous fournir des résultats intéressants. La substance de référence que nous avons choisie est de l'oxyde de nickel, qui ne subit aucune modification dans le domaine de température envisagé (15 à 500° C). La température maximum est atteinte au bout d'une heure et demie d'une montée aussi linéaire que possible.

Afin d'identifier chacun des phénomènes responsables des courbes obtenues lors de l'analyse de catalyseurs qui contiennent plusieurs constituants, il était indispensable d'examiner d'abord, dans les mêmes conditions et séparément, le comportement de chacune des individualités présentes dans ces masses de contact.

La courbe 1, de la figure 1, représente les résultats obtenus lors de l'analyse de l'hydroxyde de nickel; la courbe 2 est relative à l'examen de la gelée qui se forme lorsqu'on précipite le nickel par une solution de carbonate de potassium. Dans ces deux courbes, la déshydratation de l'hydroxyde se révèle par une réaction fortement endothermique qui présente un maximum de vitesse entre 360 et 380° C. Outre cette réaction et le départ de l'eau adsorbée qui se situe aux environs de 100°, la courbe 2 révèle une autre réaction qui atteint un maximum vers 220-240° et qui, d'après les études faites par Perrin ([2]), est la décomposition des carbonates basiques en CO_2, H_2O et NiO.

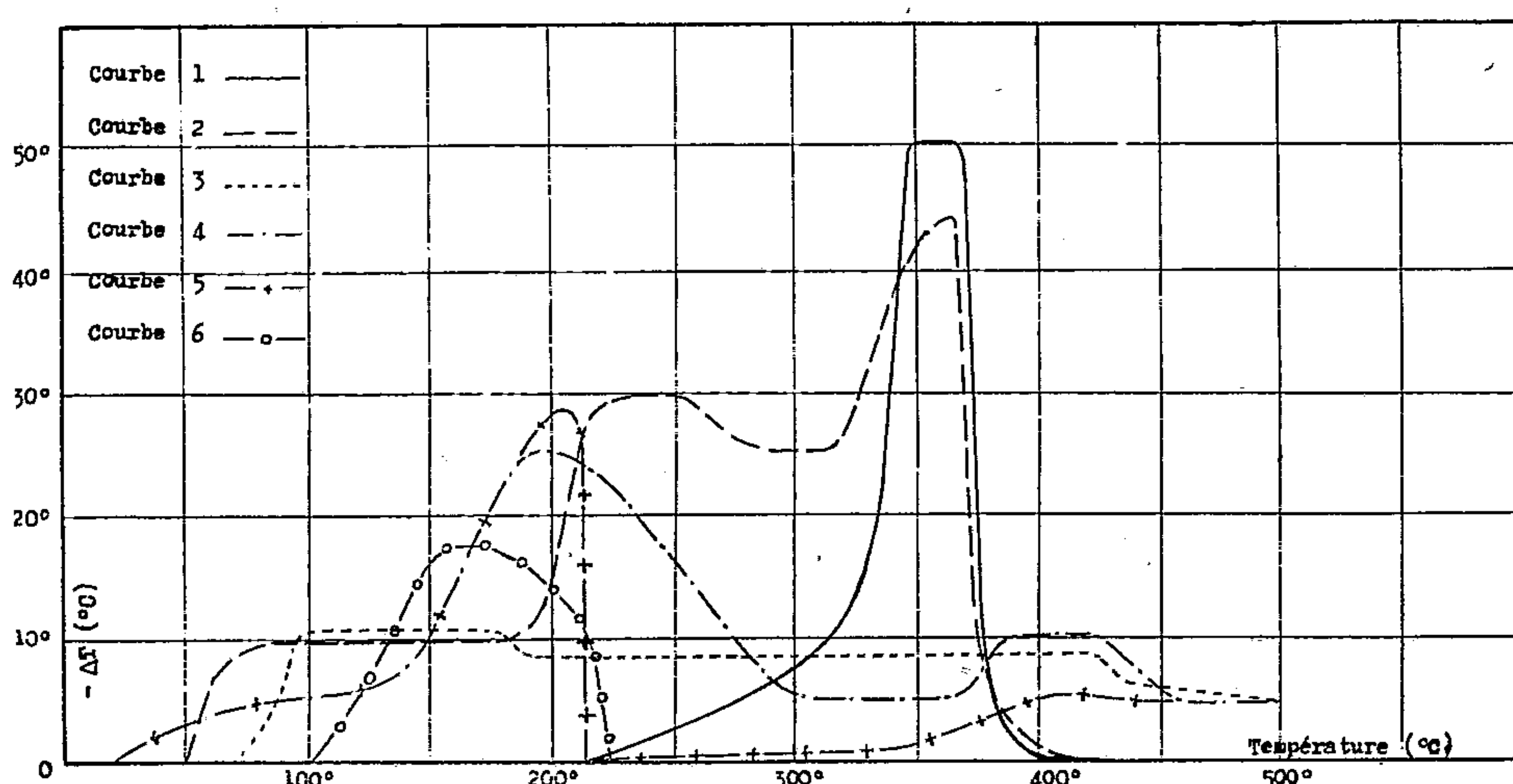
Les autres courbes sont relatives à l'examen du comportement de nos masses de contact au cours de divers traitements thermiques qui influent sur l'état de combinaison des constituants. La courbe 3 est obtenue par l'analyse d'un mélange en parties égales de kieselguhr et d'hydroxyde de nickel. La courbe 4

([5]) H. Forestier et R. Lille, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1891; R. Lille, *Thèse*, Strasbourg, 1943; H. Forestier et G. Nury, *Colloque sur l'État solide*, Paris, 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 971; **228**, 1949, p. 1432.

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 476.

a été enregistrée lors de l'étude d'un catalyseur porté rapidement à 500°, ce qui a pour effet de transformer en hydrosilicate 15 % du nickel qu'il contient. Les courbes 5 et 6 représentent les résultats obtenus avec deux autres échantillons de la même masse de contact portés rapidement à 220°, maintenus 48 heures à cette température, puis chauffés à 500° comme précédemment. L'analyse chimique effectuée après ces opérations montre que le catalyseur de la courbe 5 ne renferme plus que 8 % de nickel sous forme de silicate, et que celui de la courbe 6 n'en contient pas.



La confrontation des courbes de la figure conduit aux conclusions suivantes : Tout d'abord, il est remarquable que la courbe de déshydratation de l'hydroxyde de nickel n'apparaisse jamais lorsqu'on chauffe un catalyseur qui en contient nécessairement au départ. Il faut donc admettre que ce composé s'unit à la silice du support ou à l'alumine et conserve ses molécules d'eau pour former des combinaisons hydratées stables à ces températures. Les courbes 4 et 5, obtenues à partir d'un même catalyseur mais contenant, selon la durée du traitement thermique, 15 % ou 8 % de nickel sous forme de silicate, montrent qu'une réaction endothermique a lieu après celle de la décomposition des carbonates basiques, et atteint un maximum de vitesse à 400°. La valeur de ce maximum est à peu près dans le même rapport que la teneur des deux masses de contact en silicate de nickel, ce qui nous permet de conclure, en accord avec les résultats résumés dans de précédentes Notes (l.c.), que la réaction observée est celle de la formation d'hydrosilicate.

Lorsque la masse de contact est chauffée longuement à 220°, il y a décomposition totale des carbonates basiques et déshydratation complète de l'hydroxyde, ces deux réactions conduisent à l'oxyde de nickel qui, à l'opposé de l'hydroxyde, n'est pas susceptible de se combiner par la suite.

Ces résultats apportent l'explication du choix des carbonates alcalins comme agents précipitants, et de l'influence du pH de précipitation sur l'activité catalytique au terme de l'élaboration. Avec M. Marcel Perrin, nous avons montré ([3]) que l'activité Fischer dépend au premier chef de l'état de combinaison du nickel après le chauffage progressif à 450° qui précède la réduction du catalyseur. Le pH influe sur la teneur du précipité en hydroxyde de nickel, seul composé susceptible de se combiner aux individualités acides présentes dans la masse de contact. Par contre, la précipitation par l'ion CO_3^{--} donne naissance à des carbonates basiques qui se décomposent plus ou moins complètement par chauffage en oxyde anhydre incapable de donner naissance aux mêmes combinaisons. Il est donc maintenant possible d'établir une relation étroite entre les conditions de précipitation et l'activité en synthèse d'un catalyseur Fischer.

ÉLECTROCHIMIE. — *Surtension de l'hydrogène sur électrode de platine platiné. Contribution à une étude théorique.* Note ([*]) de MM. **René Audubert** et **Maurice Bonnemay**, présentée par M. Pierre Jolibois.

La surtension $\mathcal{J}$ est liée ([1]) à l'intensité I par

$$\mathcal{J} = k_1[\overset{+}{\mathrm{H}}]e^{-\frac{W-\alpha F(V_0+\eta)}{RT}} - k_2[\mathrm{H}]e^{-\frac{W'+\beta F(V_0+\eta)}{RT}}, \qquad (1)$$

où k_1 et k_2 sont des constantes cinétiques des processus de décharge et d'ionisation, W et W′ les énergies d'activation caractérisant respectivement les mêmes processus, α et β sont les coefficients de transfert respectifs de ces mécanismes et V_0 est le potentiel de l'électrode par rapport à la solution par $\mathcal{J} = 0$, F symbolise le Faraday, T la température absolue, R la constante des gaz parfaits. En raison de leur signification physique α et β doivent obéir aux relations $\alpha + \beta \leqq 1$, $\alpha > 0$, $\beta > 0$.

Cette formule est correctement vérifiée dans de nombreux cas ([2]), mais dans le cas du platine platiné α est voisin de 3.

Dans l'hypothèse d'un mécanisme d'adsorption on peut envisager les deux

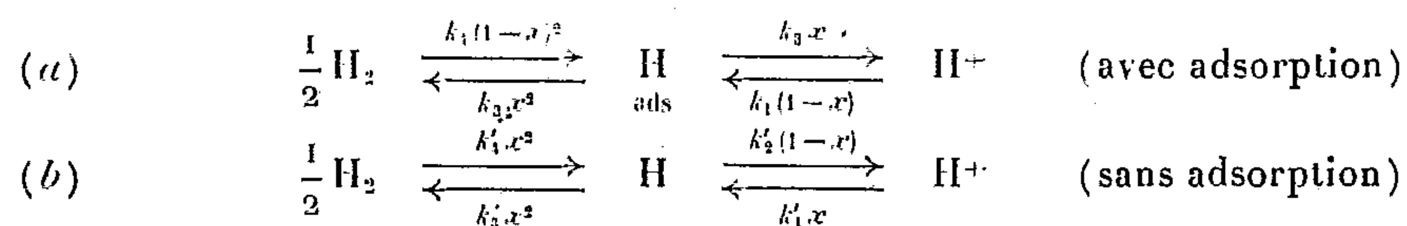
([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 837; 228, 1949 p. 1015.

([*]) Séance du 20 février 1950.

([1]) R. Audubert, *J. Chim. Phys.*, 21, 1924, p. 351; *J. Chim. Phys.*, 3-5, 1942, p. 81.

([2]) R. Audubert et S. Cornevin, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 234; *J. Chim. Phys.*, 38, 1941, p. 46; R. Audubert et E. T. Verdier, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 870; M. Bonnemay, *J. Chim. Phys.*, 42, 1944, p. 218; *J. Chim. Phys.*, 42, 1945, p. 123; 44, 1947, p. 187.

schémas suivants



Les échanges entre atomes adsorbés et ions doivent compenser, à l'état stationnaire, les échanges atomes-molécules. x étant la fraction de la surface recouverte d'atomes adsorbés on a

$$(2)\qquad -k_4(1-x)^2 - k_3x^2 + \mathcal{J} = 0;$$

et

$$(3)\qquad \mathcal{J} = k_1(1-x)\,e^{-\frac{W_1-\alpha_1 F(V_0+\eta)}{RT}} - k_2 x\, e^{-\frac{W'_1+\beta_1 F(V_0+\eta)}{RT}}.$$

Les indices 1 caractérisant le schéma avec adsorption, d'où

$$(4)\qquad x = \frac{k_4 - \sqrt{k_3k_4 + \mathcal{J}(k_3 - k_4)}}{k_4 - k_3}, \qquad x > 0, \qquad k_3 > k_4.$$

Le seul cas possible est donc $x = 1$ pour $\mathcal{J} = \mathcal{J}_l$. Par conséquent, il faut admettre que $\eta \to \infty$ quand $\mathcal{J} \to \mathcal{J}_l$, résultat contraire à l'expérience.

Supposons que les deux processus (a) et (b) se produisent simultanément, le processus sans adsorption se produisant sur les régions de l'électrode où le processus avec adsorption ne peut se produire.

L'équilibre statistique entre molécules et atomes est alors

$$(5)\qquad k_4(1-x)^2 + k'_4x^2 - k_3x^2 - k'_3x^2 + \mathcal{J} = 0.$$

Enfin en négligeant le processus d'ionisation l'expression de l'intensité devient alors

$$(6)\qquad \mathcal{J} = k_1(1-x)\,e^{-\frac{W_1-\alpha_1 F(V_0+\eta)}{RT}} + k'_1 x\, e^{-\frac{W_2-\alpha_2 F(V_0+\eta)}{RT}},$$

les indices 2 se rapportant au schéma sans adsorption.

Le calcul de $\mathcal{L}$ en fonction de $\mathcal{J}$ conduit à un résultat semblable à celui qui a été précédemment obtenu (4), à savoir que x est une fonction croissante de $\mathcal{J}$ et tend vers 1 quand $\mathcal{J} \to \mathcal{J}'_l$, mais quand $\mathcal{J} = \mathcal{J}'_l$ il n'est plus nécessaire d'admettre que $\eta = \infty$ pour que (5) et (6) restent compatibles.

De plus l'équation (6) s'écrit

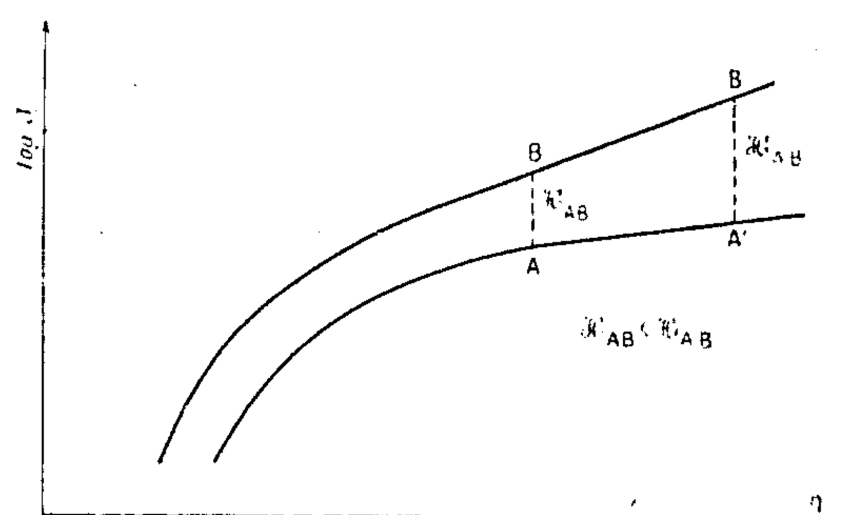
$$(7)\qquad \mathcal{J} = e^{\frac{\alpha_2 F(V_0+\eta)}{RT}}\left[k_1\, e^{-\frac{W_1}{RT}}\, e^{\frac{(\alpha_1-\alpha_2)F(V_0+\eta)}{RT}} - x\left(k_1\, e^{-\frac{W_1}{RT}}\, e^{\frac{(\alpha_1-\alpha_2)F(V_0+\eta)}{RT}} - k'_1\, e^{-\frac{W_2}{RT}}\right)\right],$$

ou encore $\log \mathcal{J} = [\alpha_2 \pm (V_0 + \eta)/RT] + \log \mathcal{H}$.

Le sens de la variation de $\mathcal{H}$ dépend du signe de la différence $\alpha_1 - \alpha_2$. Or,

cette différence est certainement négative; en effet, la valeur du coefficient de transfert est une fonction décroissante de la force qui s'exerce entre l'électrode et l'atome et cette force est certainement plus importante pour un atome adsorbé que pour un atome libre. $\mathcal{K}$ est donc une fonction croissante de $\mathcal{J}$. Quand $x = 1$, l'expression (6) reprend la forme habituelle $\mathcal{J} = k_1 e^{-\frac{W_2 - \alpha_2 F(V_0 + \eta)}{RT}}$.

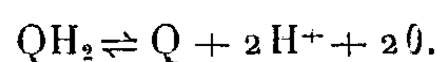
Mais dans les régions où $x < 1$ si l'on effectue le calcul de α en négligeant $\mathcal{K}$ (ainsi qu'on l'a fait jusqu'à présent), on obtient des valeurs trop grandes. Ce qui expliquerait les anomalies signalées plus haut (*figure*).



En résumé, les considérations précédentes montrent que les valeurs de α trop grandes trouvées expérimentalement pour le cas de la surtension de l'hydrogène sur platine platiné pourraient s'expliquer en admettant que la décharge dépend dans un certain domaine de densité de courant tout au moins, du processus d'adsorption des atomes à la surface de l'électrode.

ÉLECTROCHIMIE. — *Surtension dans le système oxydo-réducteur quinone-hydroquinone*. Note (*) de M. **Eugène Lewartowicz**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Après avoir résumé dans deux Notes précédentes ([1]), les résultats de l'étude de la surtension dans le système ferreux-ferrique, on a entrepris un travail analogue sur l'équilibre hydroquinone-quinone



$$QH_2 \rightleftharpoons Q + 2H^+ + 2\theta.$$

Ce système a fait l'objet de nombreuses recherches ([2]), ([3]). Nos travaux

(*) Séance du 20 février 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 362-365 et 1326-1328.

([2]) F. Haber et R. Russ, *Z. Phys. Chem.*, **47**, 1904, p. 257.

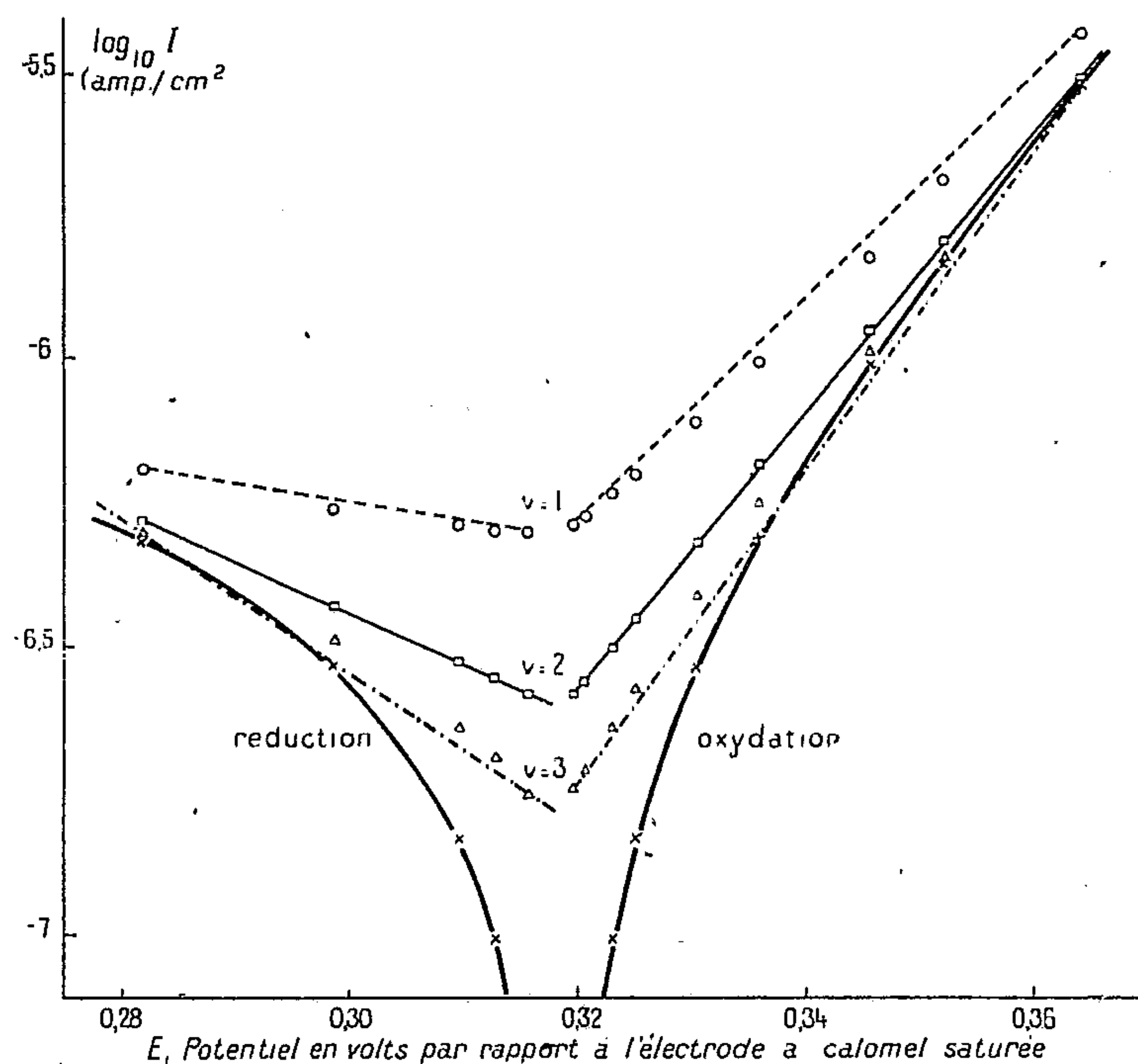
([3]) R. Rosenthal, A. E. Lorch et L. P. Hammet, *J. Amer. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 1795-1804.

ont eu pour objet d'appliquer à l'électrolyse de ces solutions la théorie moderne de la surtension de R. Audubert ([4]).

Désignons par α, W et K le coefficient de transfert, l'énergie d'activation et la constante cinétique de l'oxydation électrolytique de l'hydroquinone et par β, W' et K' les mêmes grandeurs pour la réduction de la quinone. Les densités de courant anodique I_a et cathodique I_c s'expriment en fonction du potentiel E de l'électrode par

$$I_a = K(QH_2)\,e^{-\frac{W-\nu\alpha FE}{RT}}\left[1-e^{-\frac{\nu(\alpha+\beta)F\eta}{RT}}\right],\qquad I_c = K'(Q)(H^+)^2\,e^{-\frac{W'+\nu\beta FE}{RT}}\left[1-e^{-\frac{\nu(\alpha+\beta)F\eta}{RT}}\right]$$

où η représente la surtension, positive dans les deux cas; F, le Faraday, R, la constante des gaz; T, la température absolue et ν, le nombre d'électrons mis en jeu.



Pour toutes les solutions étudiées, on a effectué des polarisations anodiques et cathodiques dans les limites de surtension ne dépassant pas 50 mV ([5]). Les courbes expérimentales $\log I = f(E)$ que l'on obtient ainsi ont l'allure générale représentée en gras sur la figure. Pour obtenir les valeurs de α et β, on applique

([4]) *Journ. Phys. et Rad.*, 8e série, 3, 1943, p. 81-89.

([5]) L'expérience montre que dans ces conditions, l'électrolyte ne subit que des modifications réversibles de la composition.

une méthode de calcul basée sur l'hypothèse que $\alpha + \beta = 1$ dans le domaine des faibles surtensions. On calcule les valeurs $\log[1 - e^{-\nu(\alpha+\beta)F\eta/RT}]$ et on les déduit des ordonnées des points expérimentaux. La théorie de R. Audubert prévoit que les points ainsi obtenus doivent décrire des droites.

Si l'on prend arbitrairement pour ν des valeurs égales à 1, 2 ou 3, les points calculés ne se placent sensiblement sur des droites que pour $\nu = 2$. En outre, si l'on calcule α et β à partir des pentes moyennes observées dans la région étudiée, on n'obtient pour $(\alpha + \beta)$ des valeurs voisines de l'unité que pour $\nu = 2$, Nous avons donc pris pour ν la valeur 2, mais il faut remarquer que la concordance de l'expérience avec la théorie est encore meilleure, si l'on prend pour $[\nu(\alpha + \beta)]$ une valeur légèrement inférieure à 2, environ 1,8. Dans ce cas les portions rectilignes des courbes obtenues sont encore plus longues et la somme $(\alpha + \beta)$ trouvée est encore plus proche de l'unité.

Deux interprétations de ce phénomène peuvent être envisagées :

1° On peut admettre une simple réaction électrochimique faisant intervenir deux électrons ($\nu = 2$) et considérer un effet de structure de la surface se traduisant, comme Bonnemay [6] l'a signalé, par $\alpha + \beta < 1$;

2° On peut, au contraire, supposer que la structure de la surface n'interviendrait pas dans la surtension des systèmes oxydo-réducteurs ($\alpha + \beta = 1$), mais alors on serait amené à envisager aux moins deux réactions simultanées mettant en jeu des nombres différents d'électrons.

La valeur $\nu = 1,8$, pour laquelle la vérification de la théorie semble la plus satisfaisante correspondrait ainsi à une moyenne statistique. Il est enfin possible que les deux phénomènes interviendraient à la fois.

		1.	2.	3.
	ν admis			
α	trouvé	1,07	0,73	0,62
β	»	0,16	0,26	0,29
$\alpha + \beta$	»	1,23	0,99	0,91

Mais, comme les différences entre des résultats obtenus en posant $[\nu(\alpha + \beta)]$ égal soit 2, soit 1,8 ne dépassent pas beaucoup les erreurs expérimentales, il est donc naturel de prendre la première de ces valeurs et de considérer comme secondaires les hypothèses envisagées plus haut.

Les résultats obtenus en employant comme électrolyte de base SO_4H_2 1N indiquent que le facteur primordial dont dépendent les valeurs des coefficients de transfert est le rapport des concentrations d'hydroquinone et de quinone présent en solution. Dans le cas de l'hydroquinone seule on trouve $\alpha = 0,73$ et $\beta = 0,26$ et pour une solution qui ne contient que de la quinone $\alpha = 0,42$ et $\beta = 0,54$. Pour des solutions qui contiennent les deux corps à la fois on observe des valeurs intermédiaires.

(6) *Journ. Chim. Phys.*, 44, 1947, p. 194-195.

Les mesures effectuées à des températures différentes ont permis de calculer des valeurs des deux énergies d'activation. Pour une solution ne contenant que de l'hydroquinone on trouve $W = 23$ à 25^{kcal} et $W' = 0$ à 2^{kcal}, ces résultats se rapportant au potentiel d'une électrode à calomel saturée.

ANALYSE CHIMIQUE. — *La séparation des dinitrophénylaminoacides par chromatographie sur papier*. Note de MM. **Roger Monier** et **Lucien Pénasse**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On connaît l'importance des dérivés dinitrophénylés des aminoacides pour la caractérisation des groupes aminés terminaux dans les peptides et les protéines. La séparation des différents dinitrophénylaminoacides était faite jusqu'ici selon la méthode initialement indiquée par Sanger ([1]), par chromatographie de partage en utilisant un gel de silice comme support de la phase stationnaire. Il était tentant de remplacer cette méthode, toujours délicate, par une chromatographie de partage sur papier, *a priori* plus simple, et susceptible d'être appliquée à des quantités beaucoup plus faibles de produits. Mais la chromatographie sur papier, essayée déjà par divers auteurs, n'avait donné que des résultats décevants, par suite de la tendance à traîner manifestée par tous les dérivés en question, et de la valeur trop élevée des R_f obtenue avec les solvants utilisés.

Nous avons réussi à supprimer toute tendance à traîner ([2]) et à réduire suffisamment les valeurs des R_f, ce qui permet une séparation parfaite des dinitrophénylaminoacides, en saturant des solvants convenablement choisis par une solution de benzoate de potassium M/20. En présence de cette substance, les taches formées par les dérivés dinitrophénylés ont une forme ramassée tendant même dans certains cas à l'aplatissement.

Voici, à titre d'exemple, la composition en volumes de trois types de solvants utilisés pour la séparation des dérivés d'une quinzaine d'acides aminés : A. Chloroforme 45 + isopropanol 49 + solution de benzoate de potassium 6; B. Cyclohexane 60 + isopropanol 36 + solution de benzoate de potassium 4; C. Tétrachlorure de carbone 56 + isopropanol 40 + solution de benzoate de potassium 4. Les chiffres du tableau ci-dessous représentent les distances parcourues par chacun des dérivés dinitrophénylés depuis la ligne de départ, distances rapportées à celle parcourue par la dinitrophénylleucine. Ces chiffres ont été obtenus par chromatographie unidimensionnelle avec papier Durieux n° 122 ([3]).

([1]) *Biochem. J.*, 39, 1945, p. 507.

([2]) Sauf pour la *bis*-dinitrophénylcystine dans le solvant C et la *bis*-dinitrophényllysine dans le solvant B.

([3]) On peut aussi bien utiliser du papier Whatman n° 1; les chiffres trouvés sont alors légèrement différents.

Dérivés dinitrophénylés.	Solvants. A.	B.	C.	Dérivés dinitrophénylés.	Solvants. A.	B.	C.
Glycine.....	0,56	0,42	0,32	Isoleucine....	0,98	0,95	1,00
Alanine.....	0,75	0,57	0,58	Phénylalanine.	0,97	0,95	0,90
Sérine.......	0,52	0,42	0,32	Tyrosine (*bis*).	1,10	1,10	0,96
Cystine (*bis*).	0,50	0,43	Traînée	Tryptophane..	0,90	0,83	0,77
Thréonine...	0,64	0,54	0,45	Ac. aspartique.	0,12	0,14	0,09
Méthionine..	0,93	0,73	–	Lysine (*bis*)...	1,04	Traînée	0,83
Valine......	0,93	0,85	0,89	Arginine.....	0,66	–	0,49
Leucine.....	1,00	1,00	1,00				

Une différence supérieure ou égale à 5 % dans les chiffres de ce tableau correspond à une séparation nette.

La combinaison judicieuse des trois solvants permet une séparation satisfaisante de n'importe lequel des dérivés dinitrophénylés cités.

Il convient de remarquer que l'action du benzoate de potassium n'est pas due seulement à son pouvoir tampon; c'est à son caractère aromatique qu'est due la suppression de la traînée : l'acide benzoïque lui-même possède en effet la même action; mais cet acide ne peut être utilisé car l'acidité qu'il communique à la phase aqueuse stationnaire rend impossible des séparations nettes.

ANALYSE CHIMIQUE. — *Microchromatographie de partage des bases azotées dans des phases solvantes acides.* Note de MM. **Roger Munier** et **Michel Macheboeuf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les bases azotées dont les constantes de dissociation sont entre 10^{-3} et 10^{-10} forment des spots diffus et allongés. Les spots deviennent bons si l'on ajoute à la phase solvante un acide convenable à concentration suffisante; mais si l'acidité est trop forte, les R_f sont trop voisins de l'unité. Le présent travail permet de choisir dans chaque cas le meilleur acide et sa concentration.

Si l'on cherche à appliquer la chromatographie de partage sur papier à des mélanges d'alcaloïdes dans les conditions habituellement employées pour les aminoacides et les sucres, on obtient, dans la majorité des cas, des spots diffus et très allongés ou même des traînées sans limite précise. Nous avons récemment montré (1), (2) que les substances ionisables non amphotères donnent des spots meilleurs si l'on introduit dans la phase solvante une substance modifiant leur ionisation.

En appliquant ces conclusions aux alcaloïdes et à diverses bases biologiques, nous avons observé les faits suivants :

1° Les bases qui donnent des spots sans élongation ni traînée dans une

(1) Munier et Macheboeuf, *Bull. Soc. chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1144.

(2) Rydell et Macheboeuf, *Bull. Soc. chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1265.

phase solvante neutre sont : A. des bases très fortes (constante de dissociation $K > 10^{-3}$); exemples : choline, acétylcholine; B. des bases extrêmement faibles ($K < 10^{-10}$); exemples : colchicine, pipérine et alcaloïdes xanthiques. En somme, la chromatographie en milieu neutre donne des résultats satisfaisants seulement pour les bases dont l'équilibre de dissociation correspond pratiquement à un seul état (entièrement ionisé ou bien entièrement à l'état non dissocié).

2° Pour toutes les bases dont les constantes de dissociation sont intermédiaires entre 10^{-3} et 10^{-10}, la chromatographie en phase neutre donne des spots allongés ou des traînées. Mais l'addition à la phase solvante d'une base ou d'un acide convenable à concentration suffisante fait diminuer ou disparaître les élongations.

3° Les phases alcalines sont rarement utilisables pour la chromatographie des mélanges naturels d'alcaloïdes car les R_f sont, le plus souvent, voisins de l'unité; les spots se chevauchent donc ou sont trop proches les uns des autres.

4° Les phases trop fortement acidifiées donnent souvent, elles aussi, des R_f trop voisins de l'unité car les R_f croissent pour les fortes acidités. On doit donc se limiter à l'acidification minima capable de fournir des spots bien délimités, sans traînée et dont les élongations sont assez faibles pour que le chevauchement des spots soit évité. En étudiant les moyens de parvenir à ces buts, nous avons pu préciser la règle générale suivante : *Plus la constante de dissociation de l'acide de la phase solvante a une valeur éloignée de celle de la base, plus est élevée la concentration à laquelle l'acide doit être présent dans la phase pour que les spots soient ronds, sans traînée ni élongation.*

Pour les bases dont les constantes sont entre 10^{-3} et 10^{-7}, il est facile de choisir un acide organique ayant une constante de dissociation assez voisine. Il suffira d'en ajouter une dose assez faible à la phase solvante pour que les spots soient ronds. Pour les bases dont les constantes sont entre 10^{-7} et 10^{-9}, on ne possède pas d'acide commode et les spots ne seront beaux que pour les phases très fortement acidifiées, mais les Rf seront alors généralement trop voisins de l'unité. On doit donc se contenter ici de spots imparfaits. Exemples : *papaverine*, *cryptopine*, *narcotine*.

5° Lorsque l'on cherche à acidifier très fortement une phase solvante telle que du butanol saturé d'eau, on peut utiliser l'acide chlorhydrique, mais pour cet acide comme pour tous ceux qui tendent à se dissoudre abondamment dans l'eau du papier aux dépens de la phase solvante, on observe un phénomène de *démixion* : le papier n'est plus imbibé uniformément. Dans une zone antérieure, il est imbibé de phase solvante appauvrie en acide et en eau. Dans la zone suivante, il est mouillé par une phase riche en eau et en acide. Parfois enfin, une troisième zone (postérieure) est imbibée par de la phase solvante initiale. On n'a donc plus affaire à une simple chromatographie de partage entre phase solvante initiale et papier normalement chargé d'eau.

Voici deux exemples de mélanges naturels qui donnent de beaux chromatogrammes en appliquant les observations ci-dessus :

Scopolamine, atropine, hyoscyamine ($K = 10^{-5}$ environ) : on utilise l'acide acétique ($K = 1,7 . 10^{-5}$); on prépare la phase solvante en mélangeant 100ml de *n*-butanol avec 14ml d'acide acétique, puis en ajoutant de l'eau progressivement jusqu'à trouble très léger. On laisse reposer, puis on élimine la très minime phase aqueuse que produit le trouble en se déposant. Les R_f sont respectivement, à 20° C : 0,68, 0,81, 0,84.

Morphine, codéine, thébaïne (K entre 10^{-6} et 10^{-7}) : on peut encore utiliser l'acide acétique mais à plus forte concentration, car sa constante est moins voisine. Mélanger donc 100ml de butanol avec 30ml d'acide, puis ajouter de l'eau jusqu'à saturation comme ci-dessus. Les R_f sont 0,68, 0,73, 0,84.

CHIMIE MINÉRALE. — *Existence de stannates de potassium diversement hydratés; étude systématique des conditions de leur cristallisation.* Note de Mme **Marguerite Grillot**, présentée par M. Paul Pascal.

Alors que des recherches précédentes ont prouvé qu'il n'existe qu'un seul stannate de sodium cristallisé $SnO_7H_8Na_2$, cette étude montre que la potasse donne avec l'acide stannique deux composés distincts : $SnO_7H_8K_2$ et $Sn(OH)_6K_2$. Les conditions de leur cristallisation ont été précisées. A 0° un dihydrate du dernier se forme également.

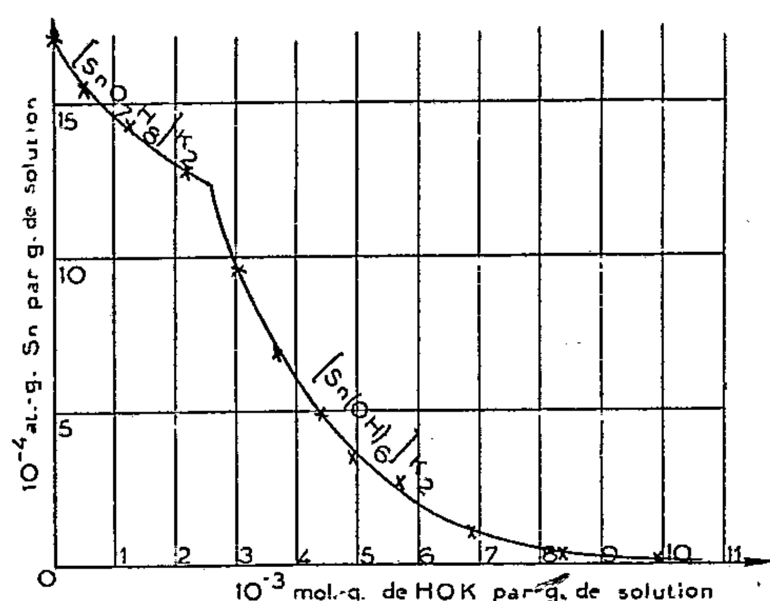
Bien que certains auteurs aient mis en évidence l'existence de métastannates alcalins diversement hydratés SnO_3M_2, pH_2O, on a coutume de considérer qu'ils dérivent tous d'une même formule de constitution. C'est ainsi que Zocher (1) qui admet pour *p* les valeurs 3 et 4 si M est du sodium, 3, 4 et 5 si M est du potassium, n'en considère pas moins tous ces stannates comme les sels alcalins de l'anion $[Sn(OH)_6]^{--}$ dont l'existence exclusive semblait ne plus faire de doute depuis les travaux de Bellucci et Paravano (2).

J'ai montré précédemment (3) qu'il n'existe qu'un seul stannate de sodium cristallisé dont la formule brute SnO_3Na_2, $4H_2O$ est bien l'une de celles préconisées par Zocher mais dont la totalité de l'eau doit entrer dans la formule de constitution de l'anion. L'existence de l'ion $[Sn(OH)_6]^{--}$ se trouvant ainsi remise en question, il paraissait intéressant d'entreprendre une étude systématique analogue du ou des stannates de potassium en vue de déterminer si, dans les deux cas, les sels sont du même type.

Des différences se manifestent déjà dans les propriétés des solutions aqueuses obtenues en neutralisant de l'acide α-stannique par une quantité molécu-

(1) *Z. anorg. alg. Chem.*, **112**, 1920, p. 7-17.
(2) *Ibid.*, **45**, 1905, p. 142-165.
(3) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1161 et **226**, 1948, p. 2070.

lairement double de soude ou de potasse. En ajoutant de la potasse par tâtonnements successifs ([4]) jusqu'à ce que le liquide contienne exactement deux atomes de potassium par atome d'étain, on obtient une solution qui, comme celle de stannate de sodium, est indéfiniment stable à froid mais qui, à l'encontre de celle-ci, se trouble à chaud. Il est impossible de la concentrer par ébullition, non seulement en raison de la précipitation d'acide β-stannique dont elle est le siège et qui en modifie la composition, mais aussi par suite de la formation d'une mousse très abondante ([5]). Le stannate de potassium se trouve donc beaucoup plus fortement hydrolysé que le stannate de sodium : à froid, de l'acide α-stannique libre reste dans le liquide à l'état colloïdal.



L'addition d'alcool éthylique à la solution ci-dessus ne fournit pas un moyen d'isolement d'un composé cristallisé, comme c'est le cas avec le stannate de sodium. Lorsqu'on mélange les deux liquides, même refroidis à 0°, on observe bien une abondante précipitation mais le corps qui se forme, pâteux, ne se laisse pas filtrer. Bien plus, au sein même de sa solution mère, il ne tarde pas à se redissoudre en chassant la majeure partie de l'alcool dans une deuxième couche liquide non miscible à sa solution.

Ce n'est qu'après une longue évaporation dans le vide phosphorique que je suis parvenue à faire cristalliser un stannate de potassium de cette solution sans excès de potasse. Le solide obtenu répond à la formule brute $SnO_3K_2, 4H_2O$ ([6]). L'étude de sa déshydratation, actuellement en cours, semble confirmer son analogie de constitution avec $[SnO_7H_8]Na_2$.

Cependant, contrairement à ce qui se passe avec le sel de sodium, ce stannate de potassium n'est pas le seul susceptible d'être isolé : lorsque l'on traite à la

---

([4]) L'action peptisante de la potasse sur l'acide α-stannique, que j'ai récemment étudiée (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1070) rend cette opération délicate.

([5]) Le même phénomène a été observé avec les solutions dans l'eau pure de l'un quelconque des stannates de potassium cristallisés décrits ici.

([6]) Étain 37,7% (calculé : 37,45%); potassium 24,7% (calculé : 24,52%).

température ordinaire la solution précédente par un grand excès de potasse, on fait cristalliser un composé qui, sans contestation possible, répond à la formule brute $3\,SnO_3K_2, H_2O$ (⁷) indiquée par Belluci et Paravano.

A 18°, les domaines de cristallisation des deux stannates de potassium diversement hydratés précédents sont distincts, comme le montre le diagramme ci-contre. Tant que la solution ne contient que peu de potasse en excès la phase solide en équilibre avec le liquide saturé est constitué par $[SnO_7H_8]K_2$; par contre, elle ne contient que $[Sn(OH)_6]K_2$ quand la teneur en potasse dépasse la valeur de 2,6 milmol-g/g de liquide.

En ajoutant petit à petit, à 0°, la potasse nécessaire à la précipitation et en maintenant ensuite le système à 0° pendant 24 heures, j'ai isolé un autre composé qui répond à la formule brute $SnO_3K_2, 5H_2O$ [8]; mais celui-ci, qui perd facilement deux molécules d'eau à 100°, paraît être un simple hydrate de $[Sn(OH)_6]K_2$.

Ainsi, dans les solutions plus ou moins alcalines de stannates alcalins les deux ions complexes de formule $[SnO_7H_8]^{--}$ et $[Sn(OH)_6]^{--}$ semblent coexister.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Mécanisme d'apport du chrome et d'autres éléments par cémentation gazeuse.* Note (*) de M. PHILIPPE GALMICHE, présentée par M. Pierre Chevenard.

Cette Note précise le mécanisme de la cémentation du fer par le chrome dans le procédé dit en phase gazeuse, et de la cémentation mixte dans le cas où, à l'apport du chrome, l'apport d'un autre élément : silicium, aluminium, zirconium, s'ajoute.

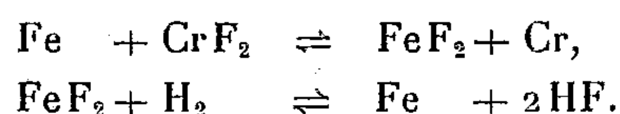
Dans une Note antérieure [1] j'ai donné le principe et exposé les résultats d'un procédé simple de chromage thermique de l'acier par voie gazeuse. Il se produit un halogénure volatil de chrome qui réagit sur le fer de la pièce, de telle sorte qu'il disparaît une quantité de fer correspondant à la quantité de chrome absorbée par cémentation.

La présente Note concerne un procédé qui, bien que faisant intervenir une technique opératoire et un outillage peu différents, procède d'un tout autre mécanisme chimique. La caisse de cémentation (*fig.* 1) contient, un cément générateur de fluorure de chrome, cément formé de chrome (ou de ferrochrome) d'alumine et de fluorure d'ammonium, puis les pièces d'acier sans contact avec le cément, et enfin, soutenu par une grille, du chrome (ou du ferrochrome) en morceaux. Une canalisation distribue de l'hydrogène, dont la consommation est d'ailleurs extrêmement faible.

(⁷) Étain : 40, 1 % (calculé : 39,85 %); potassium : 26,0 % (calculé : 26,10 %).
(⁸) Étain : 35,33 % (calculé : 33,44 %); potassium : 23,2 % (calculé : 23,35 %).

(*) Séance du 13 mars 1950.
(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 89-91.

Par pesées et mensurations précises des pièces, ainsi que par analyse chimique de la pellicule cémentée qu'il est facile de séparer par attaque nitrique, j'ai pu m'assurer que l'apport de chrome s'effectue sans élimination de fer. Il faut donc admettre un mécanisme chimique représenté par les équations



$$Fe + CrF_2 \rightleftharpoons FeF_2 + Cr,$$
$$FeF_2 + H_2 \rightleftharpoons Fe + 2HF.$$

L'acide fluorhydrique libéré par l'action de l'hydrogène sur le fluorure de fer, interviendrait pour former une nouvelle quantité de fluorure de chrome.

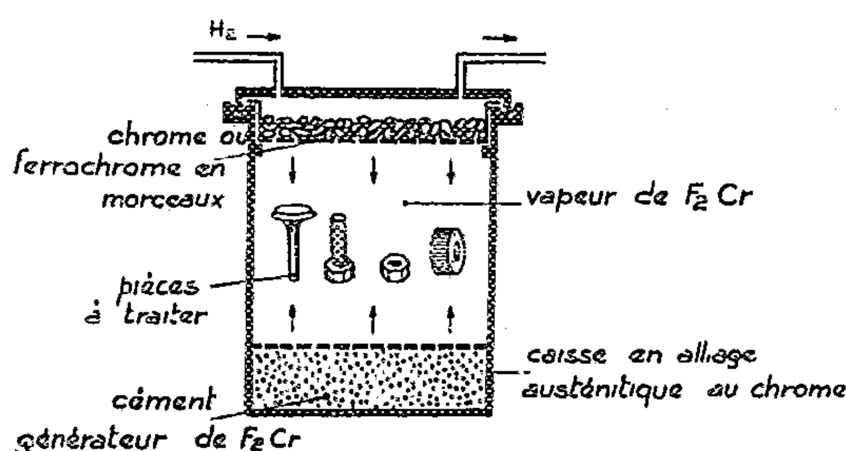


Fig. 1. — Dispositif de chromage thermique en phase gazeuse.

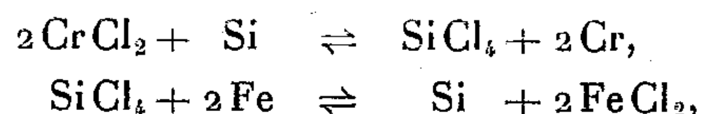


Fig. 2. — Structure d'une couche chromisée sur acier à 0,4 % C. Entre la structure normale perlitique et la couche superficielle chromisée, on trouve une bande continue riche en carbure de chrome.

Il y aurait ainsi une véritable circulation de chrome, le fluor jouant le rôle d'agent de transport, et le chrome ne se déposant, par une action catalytique, qu'au seul contact de la pièce d'acier. Le rendement d'une telle série de réactions est par suite très élevé.

L'épaisseur de la couche cémentée dépend principalement de la vitesse avec laquelle le chrome se diffuse dans le métal : toutes choses égales d'ailleurs, cette épaisseur est moindre sur le tungstène ou le molybdène que sur le fer. Dans le cas des aciers carburés ou des fontes, le carbone, en quelque sorte attiré par le chrome, donne lieu à une pellicule mince et continue riche en carbure de chrome (*fig.* 2).

En combinant le présent procédé, qui fonctionne exclusivement en phase gazeuse, et le procédé décrit dans la Note précitée, où la pièce d'acier est au contact du cément, on parvient à introduire, outre le chrome, d'autres éléments tels que l'aluminium, le zirconium, le silicium. Le mécanisme paraît être le suivant :



$$2CrCl_2 + Si \rightleftharpoons SiCl_4 + 2Cr,$$
$$SiCl_4 + 2Fe \rightleftharpoons Si + 2FeCl_2,$$

car le chlorure de silicium (ou d'aluminium ou de zirconium) étant très volatil,

son action ne pourrait être qu'éphémère, s'il ne se renouvelait constamment par réaction entre le chlorure de chrome et le silicium.

Parmi les avantages de cette cémentation en phase gazeuse, il faut citer, en première ligne, la souplesse. On peut régler l'apport des éléments ajoutés, de manière à former la pellicule cémentée d'une solution solide présentant la composition la plus favorable, et à proscrire tout constituant fragile, écueil habituel des procédés de cémentation par contact liquide ou solide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quinamine, dihydroquinamine, akuammine et pseudo-akuammigine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Si l'on admet que les alcaloïdes indoliques et indoliniques doivent être rangés en deux groupes distincts, il convient de rechercher quelles sont, parmi les bases végétales dont la constitution est encore inconnue, celles qui appartiennent à l'un et à l'autre de ces groupes.

Or il est établi, d'une part que les spectres d'absorption dans l'ultraviolet de l'indol et de l'indoline sont très nettement différents, d'autre part que, quelle que soit leur complication, les alcaloïdes qui dérivent de l'une ou l'autre de ces substances ont les spectres de celles-ci modifiés exclusivement (1) par les substitutions réalisées sur les noyaux indol ou indoline et par l'existence dans la molécule soit d'une double liaison conjuguée avec un des éléments de la chaîne de ces deux noyaux, soit de plusieurs doubles liaisons conjuguées tant entre elles qu'avec un des dits éléments.

La similitude des spectres d'une part de la carbazoline, d'autre part de la quinamine (2) de la dihydroquinamine, de l'akuammine et de la pseudo-akuammigine permettent de présumer que ces quatre alcaloïdes sont des dérivés indoliniques.

Il en résulterait que la coexistence dans une même plante de dérivés indoliques et indoliniques que nous avons déjà signalée dans l'*Aspidosperma Quebracho blanco* Schlechtendal (3) et dans le *Rauwolfia serpentina* (L)

---

(1) Une remarquable exception à cette règle sera exposée dans une Note prochaine.

(2) Janot (*VIIIe Congrès de Chimie biol.*, 1948, p. 145) avait considéré la quinamine comme une base indolique. Mais Robinson (P. Karrer, *Festschrift*, 1949, p. 40) y a vu soit un dérivé indolinique, soit un dérivé tétrahydroquinolique. C'est à la première de ces hypothèses que se sont tout récemment ralliés Janot, Prelog et leurs collaborateurs (*Helvet. chim. Acta*, **33**, 1950, p. 150).

(3) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2154.

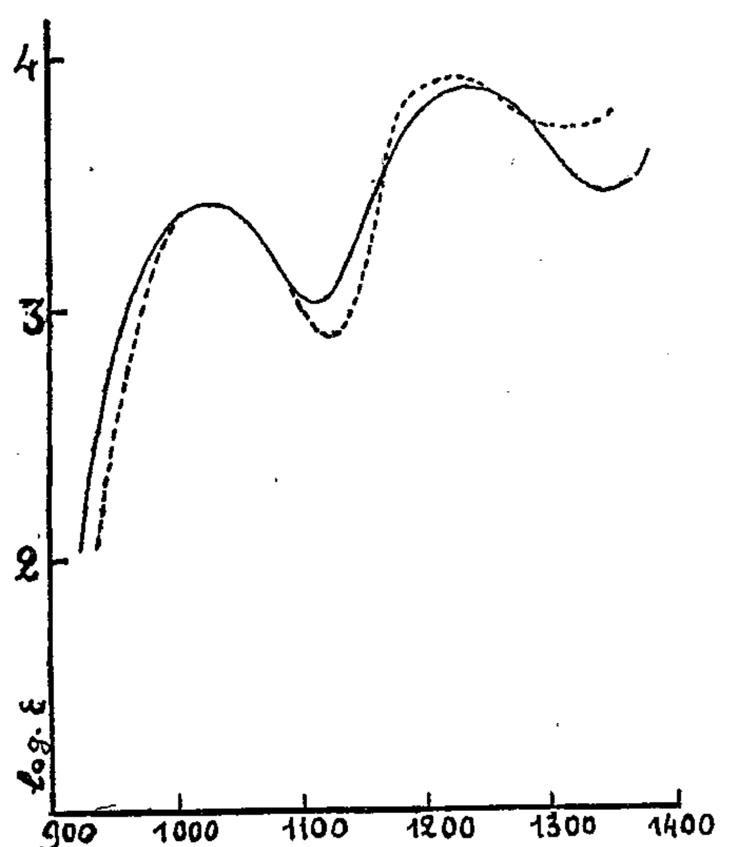


Fig. 1.

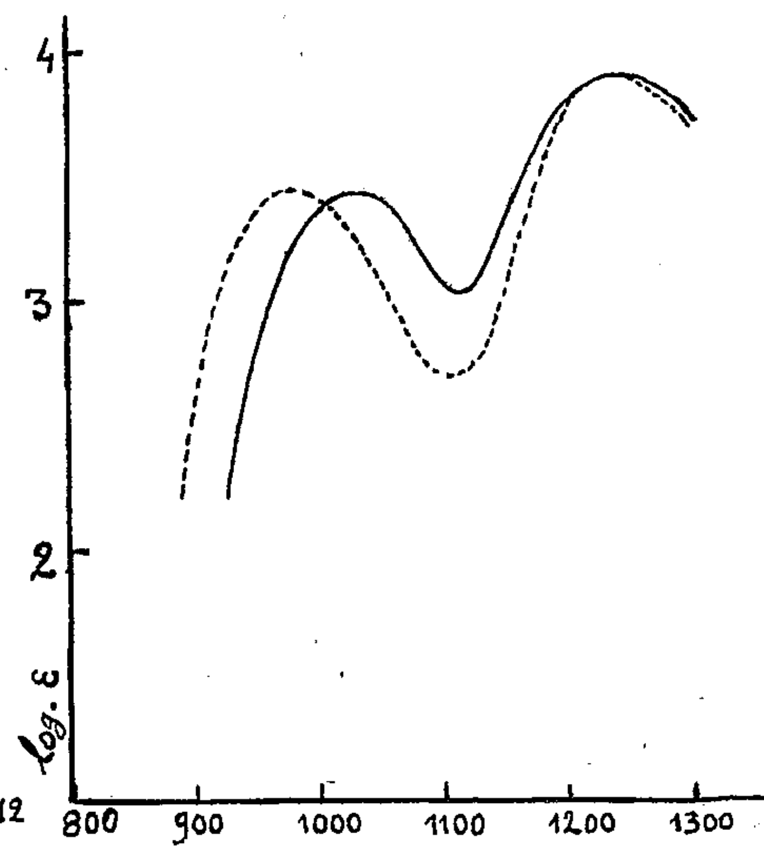


Fig. 2.

Fig. 1. — ——— Carbazoline (en solution dans l'alcool) préparée par Prelog.
Maxima : 1027 1240
Minima : 1113 1348

------- Quinamine (en solution dans l'alcool) préparée par T.-A. Henry.
Maxima : 990 1230
Minima : 1128 1333

Fig. 2. — ——— Carbazoline.

------- Dihydroquinamine (en solution dans l'alcool) préparée par T.-A. Henry.
Maxima : 993 1230
Minima : 1122

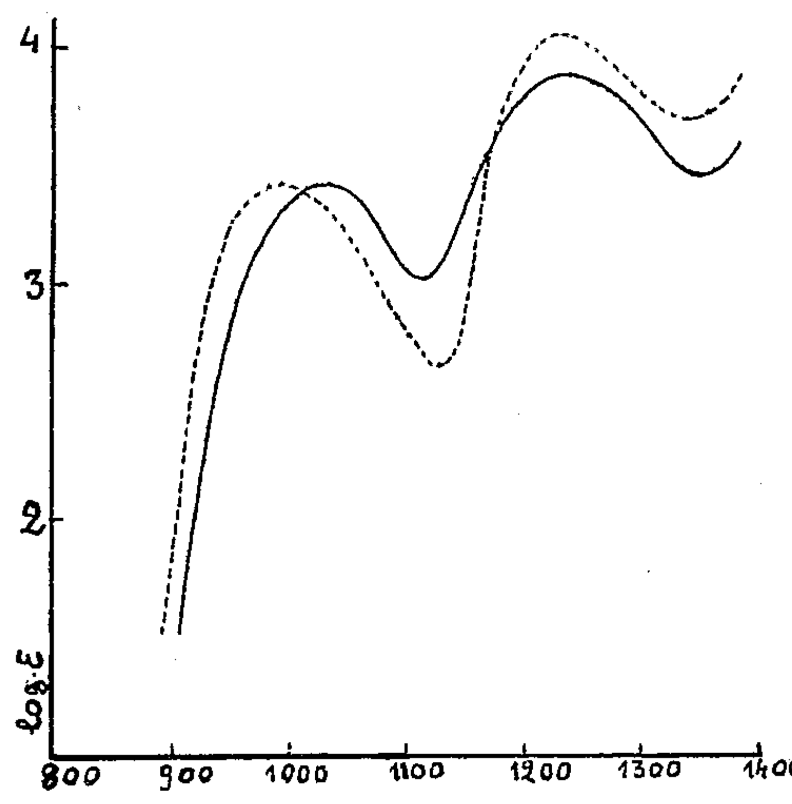


Fig. 3.

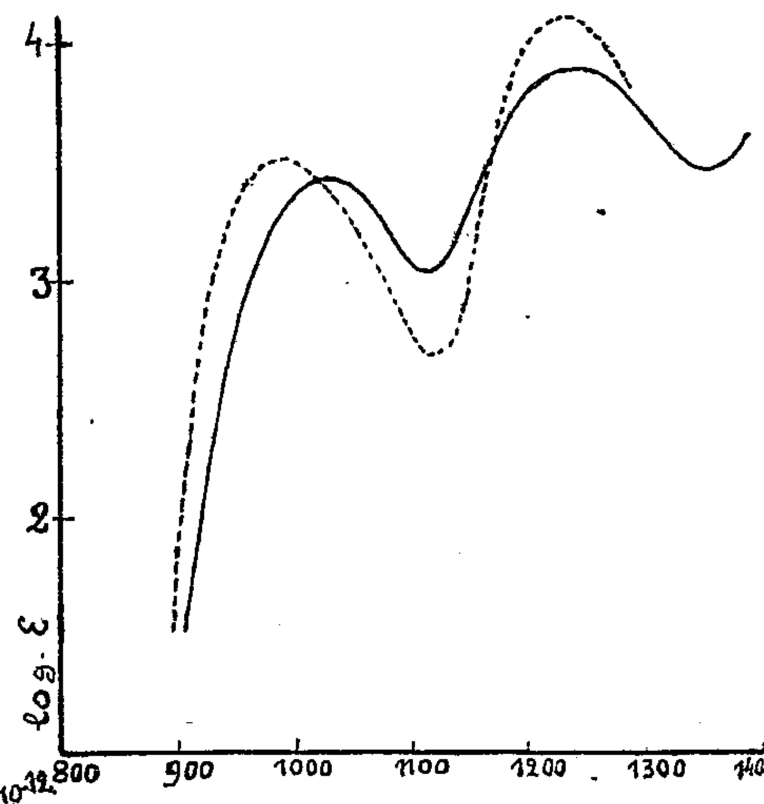


Fig. 4.

Fig. 3. — ——— Carbazoline.

------- Pseudoakuammigine (en solution dans l'alcool) préparée par T.-A. Henry.
Maxima : 1031 1224
Minima : 1126 1309

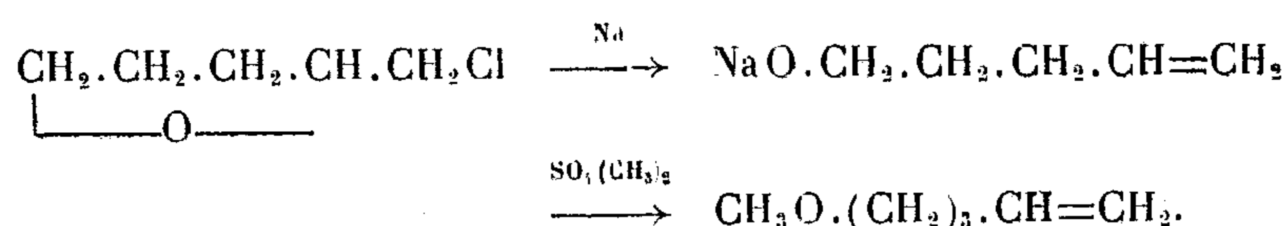
Fig. 4. — ——— Carbazoline.

------- Akuammine (chlorhydrate en solution dans l'eau) préparée par T.-A. Henry.
Minima : 974 1240
Maxima : 1110

Bentham ex Kurz ([4]) se retrouve dans une troisième Apocynacée : *Picralima nitida* (Stapf) T. et H. Durand dont deux des alcaloïdes, l'akuammidine ([5]) et l'akuammigine ([6]) sont indoliques, alors que deux autres, l'akuammine et la pseudoakuammigine, sont indoliniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse de l'acide sébacique à partir du pentène-4 ol-1.* Note de MM. **Raymond Paul** et **Olivier Riobé**, présentée par M. Marcel Delépine.

En traitant par le sulfate de méthyle (1^{mol}) la suspension éthérée de pentène-4 ol-1 monosodé, provenant de la réaction du sodium (1^{at}) sur le chlorure de tétrahydrofurfuryle (1^{mol}), on obtient avec un rendement de 63 % (compté sur le chlorure mis en œuvre) le *méthoxy-1 pentène-4* (É 97°)



A — 10°, cet éther fixe une molécule de brome en donnant avec un rendement de 80 %, le *méthoxy-1 dibromo-4.5 pentane*, $CH_3O.(CH_2)_3.CHBr.CH_2Br$, liquide incolore bouillant à 100° sous 8^{mm} (d_4^{25} 1,631; n_D^{25} 1,5040; Br trouvé 60,9 %). En chauffant ce dibromure (65^g) avec une solution d'hydroxyde de potassium (80^g) dans le glycol (150^{cm^3}), de façon à ce que le dérivé acétylénique soit éliminé par distillation au fur et à mesure de sa production, on recueille avec un rendement de 54 %, le *méthoxy-1 pentyne-4* $CH_3O(CH_2)_3.C{\equiv}CH$, bouillant à 109-110° ($d_4^{23}$ 0,842; n_D^{23} 1,4223) et, en outre, une certaine quantité d'un composé éthylénique monobromé, bouillant à 175°, qui doit être le méthoxy-1 bromo-4 pentène-4. Le méthoxy-1 pentyne-4 avait été déjà préparé par R. Lespieau ([2]) : les constantes que nous venons d'indiquer sont en parfait accord avec celles qu'avait publiées ce savant. Il est à noter que l'on passe bien plus facilement du méthoxypentène-4 au méthoxypentyne-4, que du pentène-4 ol-1 au pentyne-4 ol-1 : dans ce dernier cas, en effet, l'action des alcalis sur le dibromo-4.5 pentanol intermédiaire, donne beaucoup plus de bromure de tétrahydrofurfuryle que de

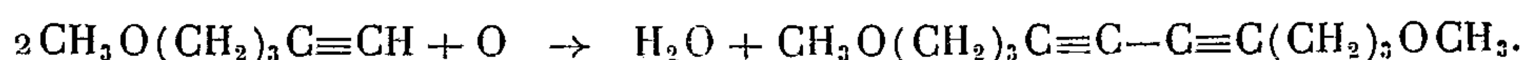
([4]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1165.
([5]) Raymond-Hamet, *Thèse doct. méd.*, Paris 1944.
([6]) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 700.

([1]) R. Paul et H. Normant, *Bull. Soc. Chim.*, **10**, 1943, p. 484.
([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 287.

bromo-4 pentène-4 ol-1 ([3]) qui seul est utilisable à la préparation de l'alcool acétylénique.

Traité par une solution ammoniacale concentrée de chlorure cuivreux, le méthoxy-1 pentyne-4 conduit avec un rendement de 80 % à un dérivé cuivreux C_6H_9OCu (trouvé %, Cu 38,7), poudre cristalline jaune, fondant à 130° en se décomposant, mais sans déflagrer.

Nous n'avons pas réussi à oxyder catalytiquement le méthoxy-pentyne, dans les conditions qui ont permis à W. Reppe ([4]) d'obtenir l'hexadi-yne-diol à partir du propynol. Mais en agitant le dérivé cuivreux précédent durant 12 heures à la température ordinaire avec quatre fois son poids de ferricyanure de potassium en solution concentrée, et en extrayant à l'éther, nous avons pu isoler avec un rendement de 60 % le diméthoxy-1.10 décadiyne-4.6,



$$2CH_3O(CH_2)_3C{\equiv}CH + O \rightarrow H_2O + CH_3O(CH_2)_3C{\equiv}C{-}C{\equiv}C(CH_2)_3OCH_3.$$

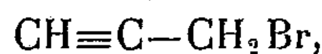
C'est un liquide incolore, d'odeur désagréable, bouillant à 151° sous 13^{mm} (D_4^{12} 0,950; N_D^{12} 1,4965; trouvé %, C 74,7; H 9,15).

Hydrogéné en solution dans l'acétate d'éthyle et en présence de nickel de Raney ($T = 15°$, $P = 100^{at}$), il conduit avec un rendement de 93 % au *diméthoxy*-1.10 *décane* $CH_3O(CH_2)_{10}.OCH_3$, bouillant à 136-137° sous 20^{mm} (D_4^{23} 0,853; N_D^{23} 1,4282; trouvé %, C 71,4; H 13,4).

Lorsqu'on agite, à la température ordinaire, une partie de ce diéther avec 4,5 parties d'acide nitrique à 65 %, il se déclenche une vive réaction, que l'on modère en refroidissant le mélange (25-30°). On obtient ainsi avec un rendement de 84 % l'*acide sébacique* fondant à 122°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transposition propargylique*. Note de MM. **Charles Prévost**, **Marcel Gaudemar** et **Joël Honigberg**, présentée par M. Paul Pascal.

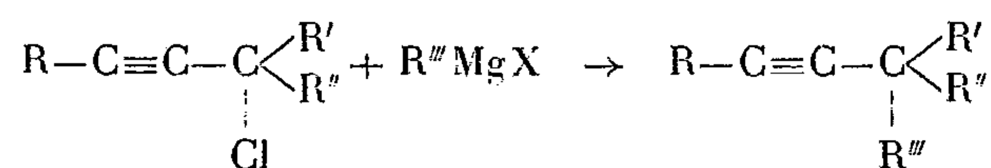
On pouvait attendre bien des choses de l'action, sur les organo-magnésiens, du bromure de propargyle,



$$CH{\equiv}C{-}CH_2Br,$$

qui possède deux fonctions sensibles à l'action des dérivés métalliques.

De fait, la bibliographie mentionne un seul essai de ce genre ([1])



$$R{-}C{\equiv}C{-}\underset{\substack{\vdots\\ Cl}}{C}{<}^{R'}_{R''} + R'''MgX \rightarrow R{-}C{\equiv}C{-}\underset{\substack{|\\ R'''}}{C}{<}^{R'}_{R''}$$

([3]) R. Paul, *Ann. de Chimie*, (X), 18, 1932, p. 377.

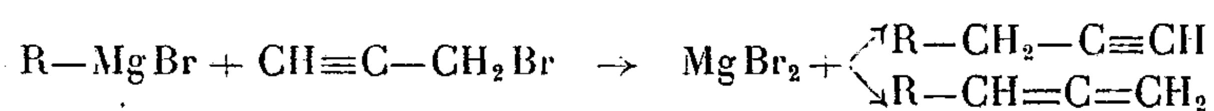
([4]) Brevet français 879.274 du 13 juin 1945.

([1]) Grignard et Tchao Yin Lai, *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 42.

Mais la structure du carbure obtenu n'avait pas été déterminée avec précision, et la formule proposée résultait simplement de l'hypothèse d'une réaction normale.

Si l'on fait agir le bromure de propargyle lui-même sur un organo-magnésien, à la température d'ébullition de l'éther, les résultats sont complexes, et l'extraction des produits difficile.

Par contre, à — 15°, le bromure de propargyle réagit vivement sur divers magnésiens, et c'est uniquement la fonction éther halohydrique qui entre en jeu; il se fait alors deux carbures :



$$R-MgBr + CH\equiv C-CH_2Br \rightarrow MgBr_2 + \begin{cases} R-CH_2-C\equiv CH \\ R-CH=C=CH_2 \end{cases}$$

Le premier domine nettement, si R est un radical phényle, le second est prépondérant et presque exclusif si R est un radical aliphatique.

L'extrême facilité de la réaction du bromure de propargyle sur les magnésiens semblait rendre peu probable l'obtention du bromure de propargylmagnésium, et plus probable une réaction de duplication conduisant à l'un des carbures :

(I) $CH\equiv C-CH_2-CH_2-C\equiv CH$,

(II) $CH\equiv C-CH_2-CH=C=CH_2$,

(III) $CH_2=C=CH-CH=C=CH_2$.

En fait, il n'en est rien.

L'action du bromure de propargyle sur le magnésium en présence d'éther anhydre ne se déclenche qu'en présence d'une trace de chlorure mercurique. Il y a alors consommation d'environ un atome-gramme de magnésium par molécule de bromure, et le réactif obtenu présente les trois propriétés fondamentales des organo-magnésiens : hydrolyse, carbonatation, condensation avec les aldéhydes.

La duplication est minime, et le carbure qui en résulte (É 87°), présente tous les caractères du bipropargyle (I); il s'en fait trop peu pour que la présence des carbures hypothétiques (II) et (III) soit décelable.

L'hydrolyse du magnésien du bromure de propargyle fournit, avec un excellent rendement global, un mélange, des deux carbures



$$CH_3-C\equiv CH, \qquad CH_2=C=CH_2$$

avec une légère prédominance du second.

La carbonatation, à la température ordinaire, conduit à des résultats complexes, et l'analyse des produits engendrés est difficile. Effectuée à — 80°, elle donne naissance à des acides avec des rendements acceptables; on peut en extraire un acide cristallisé (F 73°), acétylénique vrai, qui doit répondre à la formule

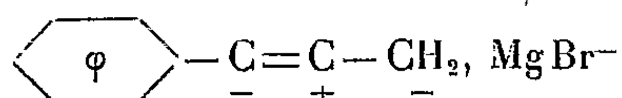


$$CH\equiv C-CH_2-COOH.$$

Mais il se fait également des acides liquides et des résines, ce qui rend probable la formation primaire concurrente d'un acide allénique instable

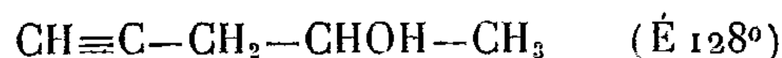


Pendant le cours de ces expériences, nous avons eu connaissance d'un travail sur le bromure de phényl-propargyl-magnésium (²)



dont les résultats s'accordent parfaitement avec nos propres résultats.

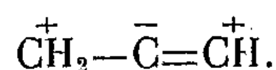
La condensation, aux environs de 20°, de l'acétaldéhyde et du magnésien du bromure de propargyle conduit, avec un rendement voisin de 50 %, à l'alcool :



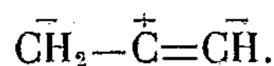
qui ne semble pas renfermer d'isomère allénique, mais des résines obtenues simultanément s'expliquent sans doute par la polymérisation de cet isomère instable.

Ces résultats partiels permettent d'ores et déjà, deux conclusions :

1° Le bromure de propargyle présente des réactions anormales, explicables, comme la transposition allylique, par un ion tripolaire



2° Le bromure de propargylmagnésium, dont la structure réelle est insaisissable, donne également des réactions anormales explicables par l'ion tripolaire



Nous proposons le nom de *transposition propargylique* pour désigner ces anomalies, dont la généralisation est à l'étude et a déjà conduit à des résultats positifs

CHIMIE ORGANIQUE. — *Diéthylcholine-chlorométhyldiéthylaminoéthanol*, Note de MM. **Robert Rothstein** et **Pierre Gley**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La choline et la méthionine sont entrées dans la thérapeutique moderne comme facteurs lipotropes, capables de prévenir l'infiltration graisseuse du foie ou d'en atténuer les manifestations hépato-rénales. Non seulement il a été montré que la carence en l'un ou l'autre de ces deux composés provoque une

(²) Girald et Lappin, *Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3966.

accumulation des lipides dans le foie (1) mais, encore chez les jeunes animaux, ce trouble du métabolisme s'accompagne d'un arrêt de la croissance (2). La prévention de la cirrhose d'origine lipidique est due, pour la plupart des chercheurs qui se sont attachés à cette étude, à la transformation des lipides en phosphatides, qui constituent la forme de transport des matières grasses du foie vers les cellules.

Il nous a semblé intéressant d'entreprendre la synthèse d'un certain nombre de nouveaux dérivés de formule générale $(R)(R)(CH_3)(X)N-CH_2-CH_2OH$, où R représente des radicaux alcoyles ou aryles, et $X = Cl$, Br ou I, ainsi que l'étude comparée de leurs propriétés physiologiques par rapport à la diéthylcholine qui semble, d'après les travaux déjà cités, ainsi que ceux de Hardwig et Winzler (3) et de Mc Arthur (4), quant à ses propriétés lipotropes et comme facteur préventif des hémorragies rénales, supérieure à la choline.

Dans la présente Note, nous décrivons la mise au point du procédé que nous avons employé pour la préparation du chlorométhyldiéthylaminoéthanol qui devait nous servir de terme de comparaison.

Moyer et du Vignaud (*loc. cit.*) ainsi que Jukes et Welch (*loc. cit.*) ont obtenu ce même produit par action du ClAg fraîchement précipité sur l'iodométhyldiéthylaminoéthanol. Celui-ci étant préalablement préparé par action du CH_3I sur le diéthylaminoéthanol en solution éthérée, et purifié par cristallisation dans l'alcool absolu.

Il nous a semblé plus simple et moins onéreux de s'adresser au CH_3Cl et d'étudier son action sur le diéthylaminoéthanol. Hardwig et Winzler qui ont employé ce procédé, sont extrêmement laconiques sur leur mode opératoire. Ils abandonnent, à la température ordinaire, la solution dans l'éther d'un mélange équimoléculaire de CH_3Cl et de diéthylaminoéthanol, fait à — 50°. Nous ne trouvons aucun détail concernant la durée de contact, le mode d'extraction, la purification ou l'analyse du produit, pas plus que les rendements obtenus.

Voici les deux modes opératoires qui nous ont conduits au produit cherché, avec des rendements excellents :

1° Dissoudre 117^g (1^{mol}) de diéthylaminoéthanol dans deux fois son poids d'éther anhydre. Introduire dans cette solution refroidie à —15° (glace et sel) 60^g de CH_3Cl gazeux. A —15°, la solubilité du CH_3Cl étant parfaite, et la tension de vapeur de la solution très faible, il n'y a pratiquement aucune perte de gaz. Boucher hermétiquement le récipient, laisser revenir le mélange à la température du laboratoire, et l'abandonner ainsi huit jours. Après ce temps, décanter l'éther, laver les cristaux plusieurs fois à l'éther anhydre. On

(1) C. H. Best et M. E. Huntsman, *Journ. of Physiol.*, 75, 1942, p. 405.

(2) A. W. Moyer et V. du Vignaud, *Journ. of biol. Chem.*, **143**, 1942, p. 373; Th. H. Jukes et A. D. Welch, *Journ. of biol. Chem.*, **146**, 1942, p. 19-24.

(3) *Proc. of Soc. Exp. Biol. and Medicine*, **69**, 1948, p. 216.

(4) *Science*, **104**, 1946, p. 222.

élimine ainsi la presque totalité du diéthanolaminoéthanol qui n'a pas réagi. Pour en enlever les dernières traces, il suffit, soit de dissoudre les cristaux dans leur poids d'alcool absolu et de les reprécipiter par l'éther anhydre, soit les dissoudre dans l'eau, et de distiller celle-ci dans un vide de 5 à 10^{mm} jusqu'à ce que le distillat soit neutre à la phénolphtaléine. En suivant cette technique, le rendement ne dépasse pas 75 %. La réaction est lente et semble asymptotique. Si aprés vingt-quatre heures le rendement en diéthylcholine est d'environ 50 %, la vitesse de réaction diminue avec le temps.

Nous avons rendu industrielle cette méthode en procédent de la manière suivante :

2° L'éther est remplacé par le benzène anhydre (benzène déthiophéné). Il suffit d'employer seulement 5 à 10% d'excès de CH_3Cl par rapport à la quantité théorique. Chauffer la solution benzénique 8 heures dans un autoclave sous pression à 80°, et purifier le produit obtenu, comme précédemment. Le rendement est de 95 à 98%. Le dosage du chlore correspond bien au chiffre théorique du chlorure de diéthylcholine. Pour cela, il faut sécher le produit longuement à 80° sous un vide très poussé, car le chlorure de diéthylcholine qui se présente sous forme de magnifiques cristaux, est très hygroscopique.

Si l'action du CH_3Cl sur le diéthylaminoéthanol est très lente, celle du bromure est rapide. Quant au ICH_3, la réaction s'accompagne même d'un fort dégagement de chaleur.

Les essais pharmacodynamiques de notre produit vérifient bien les résultats obtenus par les différents auteurs déjà cités, le chlorure de diéthylcholine s'avère, en effet, un facteur lipotrope supérieur à la choline.

D'autre part, nous avons pu mettre en évidence une nouvelle propriété du chlorure de diéthylcholine : celle d'empêcher, dans un régime très riche en cholestérol, l'apparition de plaques d'athérome aortique chez le Lapin. A titre curatif, il en provoque la résorption dans un très grand nombre de cas.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'hydratation de certains minéraux phylliteux.* Note de Mlle **Simonne Caillère**, MM. **Stéphane Hénin** et **Jacques Esquevin**, présentée par M. Charles Mauguin.

Il existe dans la nature au moins un cas où les feuillets d'une phyllite peuvent se présenter soit juxtaposés, soit séparés par une couche de molécules d'eau; c'est le cas de la métahalloysite et de l'halloysite. L'halloysite, forme hydratée du minéral, perd assez facilement son eau d'interstratification et l'on obtient alors la métahalloysite. Cette transformation était considérée comme irréversible. En fait, les feuillets du type kaolinique constituant la métahalloysite adhèrent les uns aux autres par des forces de Van der Waals, c'est-à-dire par des forces relativement faibles.

Mais d'autre part, il n'existe à la surface des feuillets aucun élément qui peut amener l'eau à rompre ces forces en s'organisant entre eux. On pouvait penser qu'en traitant ces minéraux par une solution ayant un certain pouvoir dissol-

vant vis-à-vis de l'un ou de l'autre des constituants des feuillets, on obtiendrait alors leur séparation.

Pour vérifier cette hypothèse des métahalloysites ont été traitées par des solutions acides ou alcalines susceptibles de dissoudre la couche octaédrique, on n'a pas obtenu le résultat cherché. Tout au plus peut-on dire que lorsqu'une partie importante de l'alumine était dissoute, la raie (001) prenait le caractère d'un halo. Ce fait n'est pas très concluant, car dans les mêmes conditions tous les éléments du diagramme montraient l'altération du minéral, et la présence de produits amorphes. Nous avons donc songé à diminuer la solubilité des constituants du minéral dans le liquide d'attaque en substituant pour neuf dixièmes l'alcool éthylique à l'eau dans la solution de base ou d'acide.

En utilisant cette technique on a pu constater qu'un traitement à l'acide sulfurique ouvrait une faible proportion de la métahalloysite à 10 Å et à 12 Å après une heure de contact à l'ébullition. La transformation n'est pas plus complète en prolongeant le temps d'attaque, car l'halloysite formée par le traitement est détruite 7 à 8 fois plus vite que la kaolinite. Il n'y a donc jamais d'accumulation d'halloysite et le minéral se détruit sans que la proportion d'halloysite augmente.

Un traitement à l'ébullition par une solution soude-alcool pendant un quart d'heure environ, provoque une transformation complète du minéral, que révèle son diagramme de rayons X. Celui-ci présente une équidistance principale de 6,4 Å et des raies intenses à 3,75, 2,65, 2,2 et 1,8 Å. Il s'agit donc d'une substance autre que la kaolinite ou la métahalloysite.

La courbe thermique est profondément modifiée, elle montre un crochet d'eau hygroscopique assez net, une seconde inflexion endothermique vers 250° et une troisième vers 470°, enfin un petit phénomène exothermique vers 800°. L'analyse thermique confirme donc que la substance obtenue est différente de la kaolinite.

Nous avons enfin utilisé le traitement décrit dans une Note précédente [1] pour obtenir une halloysite à 16 Å. La solution utilisée contient de l'eau de baryte et de l'alcool éthylique. On opère cette fois à l'ébullition. Dans ces conditions une fraction importante aussi bien de métahalloysite que de kaolinite se présente avec ses feuillets séparés par deux couches de molécules, alcool et eau. Le diagramme du minéral plongeant dans le liquide présente un écartement principal de 13 Å. Cinq ou six lavages à l'eau ne changent pas le résultat, par contre le produit tend à se reformer par chauffage, mais il faut atteindre parfois des températures supérieures à 200° pour que la raie à 13 Å disparaisse.

Cette technique devait se montrer applicable à tous les minéraux dont la

---

[1] S. Caillère, R. Glaeser, J. Esquevin et S. Hénin, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 308-310.

structure est analogue à celle du kaolin. Effectivement, il a été possible de séparer les feuillets de l'antigorite à 13,6 Å et de la nouméite à 16 Å, d'après les diagrammes de rayons X obtenus avec les substances plongeant dans l'eau. Il doit donc y avoir fixation de deux ou trois couches de molécules d'eau entre leurs feuillets. L'hydrate est plus ou moins stable, car par simple séchage à l'air il arrive que le minéral revienne presque à son état initial ne présentant plus qu'un écartement à 7 Å.

Si d'autre part la solution agit sur la couche octaédrique les hydroxydes phylliteux comme l'hydrargillite, la bayérite et la brucite devaient également pouvoir être modifiés par un tel traitement. Il semble bien en effet qu'il y ait séparation des feuillets, mais l'interprétation des diagrammes est moins concluante que dans les cas précédents. Tout d'abord il doit exister différents états d'hydratation, seule une partie du minéral étant ouvert on n'obtient pas une raie de grand écartement bien définie. Par séchage à l'air, la bayérite et la brucite présentent encore un diagramme montrant un halo à 9 Å, ce qui signifierait une interstratification au moins partielle avec une ou deux couches d'eau.

Ainsi l'application de cette technique permet l'hydratation de minéraux variés. Certes, le mécanisme de la transformation devra être étudié en détail pour chacun d'entre eux. Cependant dès à présent nous avons avons voulu signaler ces résultats, car cette sorte de clivage chimique doit permettre de préciser certaines données cristallographiques. En outre le matériel ainsi préparé peut être utilisé à l'étude de la fixation de certains anions sur les surfaces d'hydroxydes ainsi rendues accessibles.

GÉOLOGIE. — *Comparaison des séries paléozoïques de Ghar Rouban-Djerada* (frontière algéro-marocaine) *et de Saïda* (département d'Oran). Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

Cette Note montre l'identité du Gothlandien et du Viséen supérieur des deux régions considérées. Elle propose en outre de rapporter au Dévonien la série des Schistes et microbrèches de Ghar Rouban, par comparaison avec celle de Saïda.

Les précisions acquises récemment et décrites ici même sur le Primaire de Tifrit ([1]) éclairent d'un jour nouveau la stratigraphie du Primaire de la région d'Oujda ([2]), ([3]).

Dans le tableau suivant, je donne, en parallèle, les caractères de ces deux séries.

([1]) G. Lucas, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1086.

([2]) G. Lucas, *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2e série, n° 16.

([3]) B. Owodenko, *Mém. Soc. Géol. Belgique*, 70, 1946.

Saïda.		Ghar Rouban-Djerada.
	Westphalien	Schistes, poudingues, charbon.
	Namurien	Schistes, poudingues à galets de phtanite.
Coulées de basaltes et dacites. ↑ Brèches volcaniques à basaltes et rhyolites (dacites), et schistes interstratifiés. Schistes fossilifères. Poudingues à petits galets de phtanite. Poudingues à gros galets de microbrèches.	Viséen supérieur	Calcaires fossilifères. Brèches volcaniques et coulées de basaltes et dacites. Poudingues à galets de phtanite, et schistes fossilifères.
	Viséen (moyen?)	Calcaires fossilifères à rares galets de grès. ?
Schistes et microbrèches à Psilophytales.	Dévonien moyen	Schistes et microbrèches à plantes. Calcaire à faciès hercynien (eifélien).
?		?
Schistes, quartzites et phtanites à Graptolites.	Gothlandien	Schistes, quartzites et phtanites à Graptolites.

L'identité du Gothlandien est parfaite; mais, à Saïda, il est manifeste que les phtanites ne sont pas en lentilles, comme on a pu penser qu'ils l'étaient au Maroc Oriental (B. Ow., *loc. cit.*, p. 19), mais bien en couche continue.

Les relations des schistes et microbrèches à plantes de Ghar Rouban avec les calcaires eiféliens ne sont pas nettes (G. L., *loc. cit.*, p. 46); les mauvais débris végétaux que j'y avais trouvés avaient amené le Chanoine Carpentier à y voir du Dévonien supérieur ou du Carbonifère inférieur (*in litteris;* G. L., *loc. cit.*, p. 60); ce n'est qu'avec beaucoup d'hésitation (p. 59 et 64), et à titre d'hypothèse provisoire, que j'avais proposé de les considérer comme du Viséen inférieur ou moyen, à cause de la proximité de calcaires fossilifères de cet âge. L'absolue identité de faciès, à l'œil nu et en plaques minces, avec le Dévonien de Saïda m'amène à réviser cette opinion : actuellement, je considérerais beaucoup plus volontiers ces schistes et microbrèches comme *dévoniens*.

A Saïda, la transgression discordante du Viséen supérieur est magnifique; à Djerada, M. L. Clariond ([4]) a montré que le Viséen est discordant sur les Schistes du Mekam, au Sud du bassin carbonifère; sur le bord Nord, rien d'analogue n'a été signalé à ma connaissance, si ce n'est l'existence de galets dans le calcaire carbonifère de l'Oued Zouia (Ghar Rouban; p. 55). Peut-être la transgression a-t-elle été un peu plus hâtive à Ghar Rouban, ou bien la région qui

([4]) *Comptes rendus*, 195, 1933, p. 717.

portait les poudingues grossiers a-t-elle été entièrement décapée. En tout cas l'identité reprend bientôt, avec les schistes et poudingues à petits galets de phtanite, puis le puissant épisode volcanique, peut-être encore plus important à Saïda qu'à Djerada.

Les faits nouveaux acquis dans la connaissance du Primaire de Saïda permettent de donner une meilleure interprétation de celui de Ghar Rouban, et de souligner la quasi-identité de ces deux séries, situées pourtant à 200^{km} de distance.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la congélation des gouttelettes d'eau à l'air et à l'abri de l'air.* Note de M. **Camille Lafargue**, présentée par M. Charles Maurain.

La congélation de gouttelettes isolées d'eau et de solutions salines se produit à l'air ou à l'abri de l'air vers −41° C. Il semble donc que les causes de cette congélation doivent être cherchées ailleurs que dans l'influence de noyaux de condensation atmosphériques.

La détermination du point de congélation de gouttelettes d'eau pure ou de solution saline est un des problèmes fondamentaux de la météorologie. Mais les seuls résultats que l'on possède actuellement sont relatifs à l'apparition ultra-micrococoscopique de particules glacées à l'intérieur d'un brouillard artificiel surfondu. Nous nous sommes proposé d'étudier la congélation de gouttelettes isolées placées soit dans l'air soit à l'abri de l'air. La technique des fils très fins imaginée par H. Dessens (1) devait se révéler ici particulièrement intéressante.

Les premiers essais furent effectués sur de petites gouttelettes (diamètre 1 à 10$^{\mu}$) placées sur des fils fins d'araignée (diamètre 0,1 à 0$^{\mu}$,5) tendus à l'intérieur et à l'extrémité d'un tube de cuivre de faible diamètre intérieur (0^{mm},3). Le tube en forme de serpentin, était placé à l'intérieur d'une cuve refroidie et choisi suffisamment long (50^{cm}) pour qu'un faible volume d'air circulant à l'intérieur, fut à la sortie du tube, à la même température que la cuve. Un microscope à objectif éclairant permettait de suivre le refroidissement des gouttelettes.

Cette méthode ne devait conduire qu'à des résultats partiels : il était impossible de maintenir sur les fils des gouttelettes d'eau pure, et les solutions salines avaient à la congélation une concentration conditionnée par la cuve. Sans entrer ici dans les détails, je signalerai que la concentration des gouttelettes, très faible à 0° C, augmente lorsque la température de la cuve diminue, et atteint assez rapidement une concentration limite (33 % environ en sel dans le cas de ClNa). La courbe représentant les variations de concentration des gouttelettes en fonction de la température rencontre la courbe de solubilité du

(1) *Annales de Géophysique*, 3, 1947, p. 68-86.

sel en un certain point, au delà duquel la gouttelette est surfondue et dans certains cas sursaturée (la surfusion se produisant en outre au-dessous de la température eutectique).

Des expériences effectuées sur des gouttelettes de solution de $ClNa$, Cl_2Mg, IK, Cl_2Zn (diamètres 1 à 10 μ) nous ont conduit à un même point de congélation — 40°,5 C ± 1°,5.

Afin de pouvoir étudier la congélation de gouttelettes d'eau pure ou de solutions salines de concentrations variées, j'ai utilisé des réseaux de fils d'araignée placés dans de l'huile de paraffine refroidie. Ces réseaux permettaient de maintenir les gouttelettes fixes et non déformées en un point où la température était bien connue. Celle-ci était déterminée à l'aide d'un thermocouple fer-nickel en forme d'anneau (diamètre 5^{mm}) qui servait en même temps de support aux fils d'araignée. J'ai vérifié au préalable, à l'aide de gouttelettes témoins maintenues pendant 24 heures dans l'huile utilisée, que la solubilité de l'eau dans cette huile était négligeable au-dessous de 10° C.

Pour des gouttelettes (1 à 20^{μ} de diamètre) d'eau pure ou de solution de $ClNa$, Cl_2Zn, Cl_2Mg, IK, la rupture de la surfusion se produit à — 40°C ± 1°,5. La concentration ne semble jouer aucun rôle, aux erreurs d'expérience près. Par contre, il est possible que les dimensions des gouttelettes puissent avoir une influence (ainsi de grosses gouttes d'eau, de 500^{μ} de diamètre, pourraient se congeler dès — 18°C).

Des gouttelettes (1 à 20^{μ} de diamètre) de solution d'iodure de cadmium se congèlent à — 13°C ± 1°,5. Il n'est pas nécessaire, pour que I_2Cd puisse fonctionner comme noyau de congélation, qu'il soit préalablement refroidi à — 45°C comme l'a indiqué Fournier d'Albe ([2]).

Des gouttelettes (1 à 20^{μ} de diamètre) de solution concentrée $IAg + IK$ se congèlent à — 27°C ± 1°,5.

Les gouttelettes congelées demeurent en général sphériques, quelquefois parfaitement transparentes, le plus souvent opaques et constituées par un agglomérat de minuscules cristaux hexagonaux de glace ($< 0^{\mu},2$) et de cristaux de sel. Exceptionnellement, pour des gouttelettes de $ClNa$ congelées dans l'air, nous avons observé la séparation en deux cristaux, l'un cubique de $ClNa$, l'autre hexagonal de glace.

Le principal intérêt des expériences précédentes est de permettre l'étude de la congélation des gouttelettes à l'air et à l'abri de l'air. Il est bien peu probable que pendant leur court séjour dans l'air (30 secondes au maximum) les gouttelettes congelées dans l'huile aient eu le temps de fixer chacune un noyau de congélation. Il semble donc possible que la congélation des gouttelettes d'eau vers — 41°C telle qu'elle a déjà été décrite (Fournier d'Albe) puisse se produire sans l'intervention des noyaux de congélation atmosphérique.

([2]) *Quart. Journ. Roy. Met. Soc.*, 75, 1949, p. 1-14.

PALÉOBOTANIQUE. — *Contribution à la flore stéphanienne des couches anthraciteuses de Messeix (Puy-de-Dôme).* Note de M. **Auguste Loubière**, présentée par M. Roger Heim.

Le système anthracifère de Messeix ([1]) comprend de la base au sommet les veines Amélie, Intermédiaire, Sainte-Barbe et Saint-Philippe, dans lesquelles M. Bergounioux et M[lles] Doubinger et Sandré ([2]) ont déjà reconnu une série d'espèces du Stéphanien moyen, notamment *Pecopteris hemitelioides, lepidorachis, Bioti, polymorpha, Odontopteris Reichiana, Calipteridium pteridium, Annularia stellata, sphenophylloides, Calamites Suckowi;* en outre, dans les trois premières couches, les auteurs ont observé des tiges de Sigillaires cannelées, d'après lesquelles ces couches devraient être rangées sur le même niveau que celles de la Grand'Combe.

Les observations personnelles que j'ai pu faire, sur des empreintes de ce même gisement, me permettent d'ajouter à ces données de nouveaux renseignements. Parmi ces empreintes, j'ai reconnu les espèces suivantes, à l'énumération desquelles je joindrai, pour chacune, l'indication de la provenance ([3]).

Ptéridospermes. — *Alethopteris Grandini* Bgt. (I; SB, assez commun); *Odontopteris Reichiana* Gutbier (A, abondant; I; SB; SP, assez fréquent); *Odontopteris minor* Bgt. (SP, assez rare); *Cyclopteris trichomanoides* Bgt. (A; I; SP); *Cyclopteris reniformis* Bgt. (A); *Calipteridium pteridium* Schloth. (A; I; SB).

Cordaïtées. — *Cordaites lingulatus* Gr. Eury (A; SB); *Dory-Cordaites* (A; I; SB; SP); *Poa-Cordaites* (SB; SP).

Sphénophyllées. — *Sphenophyllum oblongifolium* Germar et Kaulf. (A; I; SB; SP); *Sphenophyllum longifolium* Germar (A; SB; SP).

Équisétinées. — *Calamites Cisti* Bgt. (I, abondant); *Calamites cannæformis* Schloth. (I); *Calamites Suckowi* Bgt. (I, assez commun); *Asterophyllites equisetiformis* Schloth. (I; SB); *Annularia sphenophylloides* Zenker (A; I, abondant; SB; SP, assez fréquent); *Annularia stellata* Schloth. (A; I, abondant; SB); *Bruckmannia tuberculata* Sternb. (I, commun; SB).

Fougères. — *Pecopteris (Asterotheca) arborescens* Schloth. (A, assez commun; I, fréquent; SB); *Pecopteris (Asterotheca) cyathea* Schloth. (A, assez fréquent; I, abondant; SB, commun); *Pecopteris (Asterotheca) Candollei* Bgt. (SB; SP, assez abondant); *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides* Bgt. (I; SB); *Pecopteris*

([1]) F. Baudot, *Le Bassin houiller du Plateau Central*, 1903.

([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1016.

([3]) Les couches sont désignées par leurs initiales : A (C. Amélie); I (C. Intermédiaire); SB (C. Sainte-Barbe); SP (C. Saint-Philippe).

(*Asterotheca*) *oreopteridia* Schloth. (I); *Pecopteris* (*Asterotheca*) *lepidorachis* Bgt. (A, fréquent; I; SB); *Pecopteris* (*Ptychocarpus*) *unita* Bgt. (A; I, assez commun; SB); *Pecopteris* (*Scolecopteris*) *polymorpha* Bgt. (A, commun; I, abondant; SB; SP); *Pecopteris platyrachis* Bgt. (I); *Pecopteris Bioti* Bgt. (I; SB; SP); *Sphenopteris* (*Discopteris*) *cristata* Bgt. (SP).

Il ressort de la liste que je viens de donner que les Pécoptéridées sont particulièrement abondantes et assez variées et forment le trait dominant de la flore du terrain anthracifère de Messeix. Parmi les Ptéridospermes, ce sont les *Odontopteris* qui paraissent de beaucoup les plus communs; l'un d'eux, l'*Odont. Reichiana*, peut être regardé, en raison de sa fréquence, comme l'un des types les plus significatifs de cette flore. Les Dory-Cordaïtes figurent, dans l'ensemble, pour une part assez importante. Les Sphénophyllées se montrent dans toute l'étendue du gisement, depuis la couche la plus basse jusqu'à la plus élevée. La très grande majorité des Équisétinées provient surtout de la veine Intermédiaire, qui semble très fossilifère.

Pour finir, les Lycopodiales ne se sont pas trouvées représentées, parmi les échantillons que j'ai examinés. Elles ne peuvent cependant manquer à Messeix, puisque dans la zone charbonneuse, immédiatement inférieure à la couche Saint-Philippe, il a été trouvé des tiges de *Sigillaires cannelées*. Mais la présence de tiges semblables, associées à des formes stéphaniennes, ne peut pas être considérée comme une preuve de l'ancienneté relative d'un dépôt, du moins quand on a affaire à des empreintes indéterminables spécifiquement. Il est d'ailleurs fort possible qu'il s'agisse dans ces divers cas de tiges décortiquées de Subsigillariées, à moules sous-corticaux cannelés et à écorce dépourvue de côtes à l'extérieur, comme le *Sigillaria lepidodendrifolia*, que l'on trouve avec tant de fréquence dans les couches moyennes du système stéphanois. Par contre, les véritables Sigillaires cannelées ou Eusigillariées, si nombreuses et si variées dans le Houiller moyen, sont fort rares dans le Houiller supérieur et paraissent cantonnées dans la portion inférieure de cet étage. Dans la zone des Cordaïtées, on remarque encore, il est vrai, comme à la Grand'Combe, plusieurs espèces de ce groupe de Lycopodiales, telles que *Sigillaria Candollei*, *oculata*, *elongata*, *tessellata*. La dernière, connue pour avoir persisté plus longtemps, ayant été signalée jadis dans le Stéphanien moyen de Champclauson.

De tout ce qui précède, il me paraît résulter que les couches d'anthracite, exploitées à Messeix, se rapportent entièrement, par leur flore, à l'étage des Filicacées, tel que l'a défini Grand'Eury.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez l'*Anchusa officinalis *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Cette Boragacée appartient à un genre dont l'embryogénie n'a pas encore été étudiée. Ses caractères se rapprochent de ceux des *Lycopsis* et des *Symphytum*, de la même tribu, mais s'écartent considérablement de ceux qu'offrent certaines autres espèces de la famille.

A la suite des travaux de H. G. Svensson (1) et, surtout, de R. Souèges (2), on sait que les embryons des Boragacées appartiennent à des types embryonomiques tout à fait différents. Bien que faisant, en général, partie de tribus distinctes, les individus étudiés jusqu'ici ont au moins en commun d'appartenir à la première période de la classification embryogénique. Le *Myosotis hispida* (3) et l'*Heliotropium peruvianum* (4) se rangent, celui-ci dans le troisième, celui-là dans le cinquième groupe de cette classification, où ils représentent le mégarchétype III. A titre de types irréguliers, l'*Echium vulgare* (5) se rapporte au mégarchétype V dans le même groupe, le *Symphytum officinale* (6), au mégarchétype II (*Senecio vulgaris*) dans le premier groupe. C'est encore à l'archétype du *Senecio vulgaris* que se rattache le *Lycopsis arvensis* (7), mais à titre de type régulier de la variante A_1 du premier groupe embryogénique. Il s'agit actuellement de vérifier si les caractères embryogéniques, variables dans la famille, s'avèrent aussi instables au sein des tribus. Je me suis adressé à l'*Anchusa officinalis* L., espèce appartenant, comme le *Symphytum officinale* et le *Lycopsis arvensis*, à la tribu des Anchusées.

La cellule apicale et la cellule basale du proembryon bicellulaire sont séparées par une paroi transversale (*fig.* 1). Dans la cellule apicale, une cloison verticale ou légèrement oblique sépare deux blastomères (*fig.* 2 et 3), qui, se divisant à leur tour, donnent naissance à quatre quadrants (*fig.* 5). Par des parois obliques, ces quadrants fournissent les éléments α et β (*fig.* 7 et 8), dans lesquels des cloisons périclines peuvent isoler directement le dermatogène (*fig.* 9 à 13). Dans certains cas, le dermatogène pourrait avoir une origine plus tardive et se différencier à l'aide de parois tangentielles, apparues dans les éléments isolés lors du premier cloisonnement périphérique (*fig.* 10 à gauche). Des divisions ultérieures amènent la formation d'un massif cellulaire, à partir duquel les cotylé-

---

(1) *Svensk Bot. Tidskr.*, 16, 1922, p. 137.

(2) *Embryogénie et classification* (3e fasc., partie spéciale : 1re période du système, Paris, 1948).

(3) R. Souèges, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 726 et 848; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 385.

(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 551.

(5) R. Souèges, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 871.

(6) R. Souèges, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 245.

(7) R. Souèges, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 640.

dons prennent naissance de la même façon que cela se passe chez le *Senecio vulgaris*. A partir de la cellule basale, il se constitue deux éléments *m* et *ci*, presque juxtaposés, en raison de la position oblique et non horizontale de la cloison qui les sépare (*fig.* 3). Dès le stade de la tétrade, le sporophyte prend la forme globuleuse qu'il gardera pendant toute la période proembryonnaire. A partir de *m*, des cloisonnements diversement orientés font apparaître un massif cellulaire qui entre dans la construction d'une moitié latérale de la

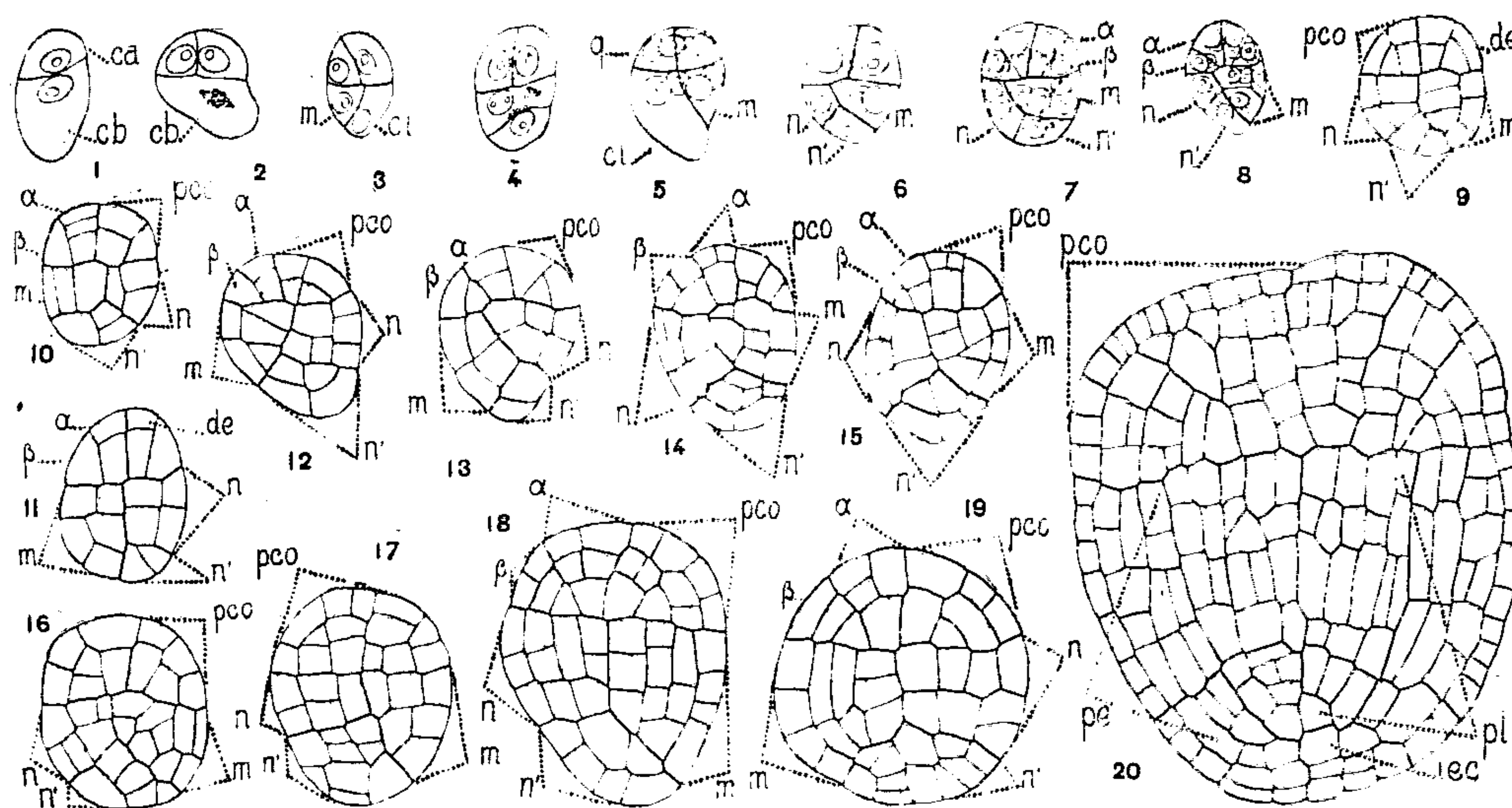


Fig. 1 à 20. — *Anchusa officinalis* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou groupe cellulaire qui en dérive; *n* et *n'*, groupes cellulaires produits par *ci*; *q*, quadrants; α et β, cellules-filles des quadrants; *pco*, partie cotylée; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 300.

partie hypocotylée. A partir de *ci*, il apparaît généralement deux cellules juxtaposées (*fig.* 5) qui se divisent transversalement en deux groupes de dyades à peu près superposées *n* et *n'* (*fig.* 7 et 8). En raison de l'irrégularité des divisions ultérieures, il n'est pas possible de déterminer avec précision l'origine des divers histogènes. Il est cependant vraisemblable que le groupe *n* donne naissance à la seconde moitié latérale de l'hypocotyle, que les initiales de l'écorce au sommet radiculaire et la portion médiane de la coiffe tirent leur origine du groupe *n'*. Toutes les cellules concourent à la formation de l'embryon *sensu stricto*; jamais, il ne se différencie de suspenseur.

Appartenant tous trois à la tribu des Anchusées, le *Symphytum officinale*, le *Lycopsis arvensis* et l'*Anchusa officinalis* possèdent des embryons qui se rattachent à un archétype identique, celui du *Senecio vulgaris*. Les deux dernières espèces, particulièrement voisines par la forme de la tétrade dont elles dérivent, appartiennent à la variante A_1 du premier groupe embryogénique.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *A propos du synizesis.*

Note de M. **André Eichhorn**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez les espèces de Linaires dont la méiose a été étudiée, le synizesis, dont on peut suivre la réalisation progressive, se place au début de la prophase méiotique et intéresse par conséquent le réticulum constitué à la dernière télophase mitotique donnant naissance aux cellules-mères du pollen.

L'attention des cytologistes a depuis longtemps été attirée par le fait qu'au cours de la prophase méiotique les filaments chromatiques se ramassent en un peloton à l'intérieur duquel il n'est plus possible de les distinguer les uns des autres et qui s'affaisse contre la paroi de la cellule-mère. A ce stade de contraction très poussée on a réservé le nom de synizesis. En dépit de la généralité du phénomène, certains auteurs sont enclins à le considérer comme un artifice de préparation dû à l'action des liquides fixateurs, d'autres admettent, au contraire, qu'il s'agit là d'un des aspects pris par les chromosomes pendant la division réductrice durant laquelle au surplus ils se présentent sous des images fort variées. Mais, mise à part cette divergence d'opinions, il est assez curieux de constater que les auteurs qui signalent l'existence d'un synizesis le situent à des périodes différentes de la méiose, les uns estimant qu'il est consécutif au leptotène, les autres le plaçant après le pachytène. Sans vouloir prétendre apporter une solution définitive à un problème aussi controversé, l'étude de la division réductrice de plusieurs espèces de Linaires permet de faire quelques constatations susceptibles d'aider à résoudre ces questions.

Il convient d'indiquer, car cela a son importance, que le matériel utilisé présente l'avantage d'offrir généralement dans un même sac pollinique plusieurs stades d'évolution des cellules-mères, de telle sorte que l'on peut facilement suivre tout le déroulement de la méiose en reliant entre elles les modifications progressives que subissent les chromosomes et qui seront relatées ailleurs. Si, n'ayant en vue ici que le synizesis, on cherche à établir les processus qui y conduisent, en même temps qu'à le situer par rapport aux autres stades, on peut prendre pour point de départ la dernière mitose donnant naissance aux cellules-mères. On constate que le noyau de celles-ci, au moment où il passe en interphase, est essentiellement constitué par un réseau assez dense et régulier. Progressivement le volume nucléaire augmente et parallèlement le réticulum apparaît plus lâche. Lorsque le noyau a atteint son maximum d'extension, il demeure en cet état pendant un certain temps, si l'on en juge par la fréquence relative des images figurant cette étape de son évolution sur un très grand nombre de préparations. Après quoi il poursuit son évolution. On assiste alors à une rétraction très progressive de l'apparent réseau dessiné en

fait par l'ensemble des chromatides individualisées lors de la dernière télophase mitotique.

Ce tassement des chromatides, qui s'effectue de façon ménagée, et par étapes en quelque sorte insensibles, se marque d'abord en un secteur du noyau par le rassemblement de quelques-unes d'entre elles qui se rapprochent intimement, ce qui a pour résultat de faire apparaître les autres plus distantes entre elles dans les autres secteurs. Puis peu à peu on voit de nouveaux filaments se rassembler autour de ceux qui s'étaient groupés dès le début. Lorsque l'affaissement du réticulum est déjà suffisamment avancé, l'image est alors celle d'un peloton, fait de filaments tassés les uns contre les autres sans aucun ordre, mais dont la structure demeure encore lisible et d'où émergent quelques tractus tendus à travers la cavité nucléaire jusqu'à la membrane. Ultérieurement les derniers filaments se rabattent les uns après les autres sur le peloton qui parallèlement se comprime davantage jusqu'à devenir illisible quand le dernier filament a fini par venir rejoindre l'ensemble. Pendant le déroulement de ces divers processus il est possible de constater que les filaments demeurent grêles et simples, leur convergence en un point n'est pas le fait d'une contraction qui aurait pour résultat de les raccourcir en les épaississant, il s'agit bien, comme le traduit l'expression de synizesis, d'un simple affaissement. De cette description deux conclusions peuvent être tirées, tout au moins en ce qui concerne les espèces étudiées (*Linaria vulgaris, purpurea, striata,* entre autres). Tout d'abord il semble difficile de ne pas admettre que le synizesis représente une étape de la méiose puisque l'on peut suivre, dans un même sac pollinique, tous les stades de son déroulement, comme on peut, dans une cavité voisine, voir tous ceux que comporte, par exemple, la diacinèse jusqu'à la métaphase I et même le début d'anaphase. En second lieu, ce stade se situe, dans les exemples étudiés, au début de la prophase méiotique et il intéresse le réticulum qu'avait formé l'ensemble des chromatides, à la fin de la dernière télophase mitotique.

ÉCOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'efficacité de l'enroulement des feuilles des Graminées contre la transpiration.* Note de M. **Georges Lemée**, présentée par M. Raoul Combes.

Le repliement complet des feuilles a la plus grande efficacité pour les espèces les plus xérophiles. Mais, ne se produisant chez beaucoup d'espèces que pour une déshydratation accentuée, non atteinte dans leur station naturelle, il ne s'y observe que sur très peu d'entre elles, parmi lesquelles les types sahariens ne sont nullement favorisés.

Une première série de recherches sur les rapports entre l'économie de l'eau et l'enroulement des feuilles de Graminées d'Auvergne (*Avena pratensis* L., *Festuca ovina* L. var. *duriuscula* Koch, *Poa pratensis* L. var. *angustifolia* Sm.,

Molinia cærulea Mœnch, *Agropyrum repens* P. B. ssp. *eu-repens* Asch.-Gr., *Brachypodium pinnatum* P. B., *Nardus stricta* L.) nous avait permis de constater que la fermeture survient pour un degré de déshydratation très différent selon les espèces et que cette fermeture réduit l'intensité transpiratoire dans des proportions variables. La méthode utilisée a été décrite dans cette Note (1).

Afin d'établir dans quelle mesure ce freinage de la transpiration, observé au laboratoire, est utilisé par les Graminées dans leur propre habitat, nous avons étudié leur comportement *in situ* et étendu ces observations à des espèces placées dans des conditions extrêmes au point de vue de l'approvisionnement en eau : étude à Strasbourg de deux hygrophytes (*Phragmites communis* Trin., *Glyceria fluitans* R. Br.), d'une espèce steppique (*Stipa capillata* L.), et de deux xérophytes méditerranéens (*Brachypodium ramosum* R. et S., *B. phœnicoides* R. et S.); étude à Clermont-Ferrand d'un chasmophyte subméditerranéen (*Melica ciliata* L. ssp. *glauca* Schz.); étude à Beni-Ounif (Sud-Oranais) de xérophytes cosmopolites (*Cynodon Dactylon* Pers.), méditerranéens (*Stipa parviflora* Desf., *Æluropus litoralis* Parl. ssp. *repens* Trab., *Lygeum Spartum* L.) et sahariens (*Aristida pungens* Desf., *Andropogon annulatus* Forsk., *A. laniger* Desf., *Pennisetum dichotomum* Delile).

L'efficacité du repliement dans la réduction de la transpiration s'est montrée en relation avec l'approvisionnement en eau des espèces dans leur station : elle est la moins grande pour les deux hygrophytes citées plus haut ainsi que pour *Molinia cærulea*, dont c'est une forme hygrophile qui a été étudiée (réduction de 31 à 37 % à fermeture complète); elle est la plus importante pour les espèces sahariennes, pour *Stipa*, *Lygeum* et *Festuca duriuscula*, qui sont les plus xérophiles (69 à 83 %); elle est intermédiaire (46 à 63 %) chez les autres espèces méditerranéennes et d'Auvergne.

Morphologiquement, cette réduction de transpiration est en relation avec l'importance de la protection périphérique de la face externe du limbe. Les espèces du premier groupe sont celles dont l'épiderme inférieur est peu différencié, très stomatifère et non doublé de fibres hypodermiques. Les espèces à forte réduction transpiratoire ont au contraire un épiderme externe très épaissi et différencié, doublé presque entièrement de fibres, à bandes stomatifères enfoncées dans des sillons lorsque celles-ci existent. L'efficacité de cette protection relativement à celle des autres espèces est en réalité plus grande que ne le laissent supposer les valeurs obtenues, car les limbes, même au maximum de turgescence, restent presque entièrement fermés, ce qui augmente déjà fortement leur protection contre la déshydratation.

Ce mécanisme de réduction de la transpiration ne peut jouer au maximum comme défense contre la sécheresse que lorsque la fermeture intervient déjà pour un faible déficit d'eau. Chez les espèces à feuilles aciculaires, l'amplitude

(1) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 723-725.

du mouvement de fermeture étant très faible, cette dernière est réalisée rapidement, pour une teneur en eau de 75 à 93 % du contenu à saturation. Au contraire la fermeture totale de toutes les feuilles chez *Aeluropus* et *Andropogon annulosus*, des feuilles inférieures des chaumes et des innovations chez *Cynodon* et *Andropogon laniger*, ne se produit que pour une déshydratation importante et mortelle, lorsque 75 à 95 % de l'eau sont disparus. Les autres espèces se situent entre ces extrêmes, avec des teneurs de 35 à 85 % à la fermeture.

Comme d'autre part les Graminées vivaces maintiennent une teneur élevée en eau, on n'observe que chez peu d'espèces le repliement complet des feuilles dans leur propre habitat. Des observations répétées ne nous ont montré de fermeture complète que pour 5 des 23 espèces étudiées. *Lygeum Spartum*, qui se trouve à la limite Sud de son aire dans des conditions minimum d'approvisionnement en eau, avait toutes ses feuilles fermées dès le matin sur le reg des environs de Beni-Ounif, malgré une teneur en eau ne s'abaissant pas à moins de 78 % de l'eau à saturation. *Aristida pungens*, dans les dunes à Beni-Ounif, montrait, en avril au milieu de la journée, 18 % de ses feuilles totalement closes, avec une teneur minimum de 88 % de l'eau à saturation. *Stipa capillata*, observé dans un habitat mésophile, y ferme cependant une partie de ses feuilles au milieu de la journée en période sèche, ce qui laisse supposer que dans son habitat naturel steppique cette fermeture intervient fréquemment. *Festuca duriuscula* et *Melica glauca* ne ferment totalement leurs feuilles que dans des conditions de sécheresse édaphique et atmosphérique exceptionnelles, et seulement en milieu de journée. Ces cinq espèces ont une répartition climatique différente; une seule est saharienne; le moyen de protection contre la sécheresse que représente le repliement foliaire n'est donc pas plus fréquent chez les Graminées désertiques que chez les Graminées des régions tempérées. D'autre part son efficatité chez ces espèces est identique, quelle que soit leur localisation climatique.

ALGOLOGIE. — *Influence de la colchicine sur le développement de certaines Algues d'eau douce*. Note de Mlle **Hedwig Jakob**, présentée par M. Roger Heim.

Les nombreuses morphoses aberrantes observées sur certaines Algues d'eau douce soumises à l'action des substances actives excrétées par d'autres Algues ([1]), m'ont amenée à examiner si l'on ne pouvait pas obtenir des figures analogues par l'action de la colchicine sur ces mêmes Algues.

Gavaudan et Kobozieff ([2]), Gavaudan et Vandendries ([3]) ont expérimenté l'action de la colchicine à forte dose, 0,5 et 1 g ‰, sur *Chlamydomonas* sp. et

([1]) M. Lefèvre et H. Jakob, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 234.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 790.

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1675.

sur *Euglena gracilis*. Dans le premier cas ils obtiennent des anomalies (mais ne peuvent les reproduire avec constance), dans l'autre ils n'obtiennent aucun effet.

J'ai effectué une série d'expériences sur diverses Algues, avec des concentrations de colchicine variant de 5.10^{-5} g $^0/_{00}$ à 2 g $^0/_{00}$.

Les résultats obtenus sont très variables suivant les espèces utilisées.

Scenedesmus quadricauda (Turp.) Breb. est très peu gêné dans sa multiplication quelle que soit la dose de colchicine employée. *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gomont et *Cosmarium obtusatum* Schmidle ne le sont nullement.

Par contre *Cosmarium lundellii* Delp. est bloqué dans son développement et l'on constate souvent l'éclatement, donc la mort, des cellules aux doses faibles de 1.10^{-5} à 2.10^{-3} g $^0/_{00}$. Les fortes concentrations sont, au contraire, inactives.

Pediastrum clathratum var. *punctulatum* Lemm., *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Scenedesmus oahuensis* Lemm., *Scenedesmus ovalternus* (Turp.) Kütz. ne réagissent qu'aux fortes doses de 0,1 ou $0^g,2$ $^0/_{00}$ à 2^g $^0/_{00}$. Les doses au-dessous de $0^g,1$ $^0/_{00}$ sont sans effet. Dans les cas de fortes concentrations, les cellules ne sont plus associées en cénobes, mais on les rencontre en grand nombre, isolées, très gonflées, sphériques, tout à fait méconnaissables. Leur membrane est souvent très épaissie. Pourtant elles n'ont pas le même aspect général que les cellules aberrantes obtenues par l'action des substances métaboliques actives. Nous avons reconnu qu'elles possèdent souvent un nombre anormalement élevé de pyrénoïdes, mais leur étude cytologique complète reste à faire.

L'action toxique commence à se produire après 2 ou 3 jours de culture en étuve éclairée à 22° C et l'on peut apprécier les différents degrés de toxicité suivant la dilution. En ce qui concerne *Pediastrum clathratum*, par exemple, la pulvérisation est complète pour des concentrations de $0^g,4$ $^0/_{00}$ à 2^g $^0/_{00}$, les cellules sont plus ou moins associées en cénobes aberrants et, à $0^g,2$ $^0/_{00}$, on observe des cénobes qui ressemblent beaucoup aux cénobes normaux (même nombre de cellules et même disposition) mais ils sont encore gonflés et légèrement tordus. A $0^g,1$ $^0/_{00}$ l'aspect et la multiplication sont normaux. Les seuils de toxicité varient légèrement pour les espèces citées.

Les cultures maintenues à 13° réagissent beaucoup moins violemment. On constate peu de ségrégations, même pour des concentrations (fortes $0^g,75$ $^0/_{00}$) bien qu'il y ait eu nettement multiplication. Sommes-nous en présence d'un phénomène de perméabilité cellulaire? Cette opinion est difficile à admettre, puisqu'au moment de la reproduction, les zoospores qui constituent les futures cellules ne sont entourées que d'une mince membrane, probablement perméable. Mais l'activité reproductrice est moins grande à basse température et cette constatation expliquerait peut-être une atténuation de la toxicité.

Les cellules en provenance de cénobes dissociés (22°) et transportées en milieu nutritif non toxique, peuvent dans certains cas donner naissance à des cultures à cénobes normaux, si la durée de contact avec la colchicine n'a pas été trop longue et selon la concentration.

On voit donc que l'action de la colchicine est comme celle des substances métaboliques actives, tout à fait spécifique, et qu'à l'intérieur d'un même genre (*Scenedesmus*, *Cosmarium*), les réactions sont différentes suivant les espèces.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un acide et un stérol nouveaux de l'Arbousier.* Note de M. **Antoine Sosa**, présentée par M. Marcel Delépine.

Isolement à partir de la fraction cireuse des feuilles d'*Arbutus unedo* L., d'un acide à caractère polyterpénique, l'*acide arbutolique* $C_{36}H_{58}O(OH)(COOH)$ et d'un stérol dextrogyre, non saturé, l'*unédostérol* $C_{29}H_{47}(OH)$.

Nous avons précédemment signalé (¹) la présence à l'état libre, dans le complexe cireux de l'Arbousier (*Arbutus unedo* L.), d'une série de corps dont les formules vont de C_{29} à C_{32}; ce sont (en plus de l'acide ursolique déjà connu dans cette plante) : le nonacosanol, le triacontanol, l'hentriacontane et le dotriacontanol.

Ces substances sont accompagnées d'autres substances que nous décrivons pour la première fois : l'*unédostérol* en C_{29} et l'*acide arbutolique* en C_{37} à caractère triterpénique.

On a obtenu ces corps après saponification de la fraction cireuse des feuilles. La chlorophylle qui accompagne l'acide arbutolique est éliminée par filtration de la solution acétonique sur une colonne de charbon activé; quant aux pigments jaune et orangé qui accompagnent l'unédostérol, ils ont été séparés par chromatographie sur alumine.

L'*unédostérol* que l'on ne doit pas confondre avec l'arbustérol des graines (Sani, 1920) est un composé dextrogyre, cristallisé en belles aiguilles incolores. Il donne positivement les réactions de Rosenheim (différence avec les stérols saturés), de Liebermann, de Noller-Smith-Harris-Walker (au chlorure de thionyle), etc. Sa molécule n'est pas saturée et possède un OH acétylable. Il répond à la formule $C_{29}H_{47}(OH)$.

L'*acide arbutolique* ($C_{37}H_{60}O_4$) se trouve dans les feuilles de l'Arbousier en plus petite quantité que l'acide ursolique ($C_{30}H_{48}O_3$) (²). Ce dernier qui

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 995.

(²) L'acide ursolique pur fond nettement au bloc à 290° et son acétate à 300°. Nous pensons que l'*ursone* de Sanna (1933) devait être souillée par de l'acide arbutolique, car les points de fusion donnés par cet auteur pour l'ursone et son acétate sont trop bas (278° et 264° respectivement).

appartient à la série de l'α-amyrine est très répandu chez les végétaux. De ces deux acides, le premier est le moins soluble quoique possédant les mêmes réactions que l'acide ursolique; il se différencie avec la réaction de Noller (au chlorure de thionyle) par une couleur violette persistante au bout de 24 heures, l'acide ursolique donnant une réaction rouge dans les mêmes conditions.

L'acide arbutolique est un acide-alcool possédant quatre atomes d'oxygène: deux sont engagés dans un groupe carboxyle, un autre dans un hydroxyle alcoolique et le quatrième indéterminé. La formule que nous proposons pour ce corps est la suivante :



$$C_{36}H_{58}O(OH)(COOH).$$

Partie expérimentale. — 217^g de substance cireuse verte (déposée dans l'extrait alcoolique de 8^{kg} de feuilles) sont traités à chaud successivement par l'alcool à 25, 40, 70 et 85°. C'est la fraction passée dans l'alcool à 85° (produit vert jaune = 21^g, 8, F 140-145°) (I) qui nous servira par la suite; cette fraction est acide et donne une réaction de Liebermann positive.

Saponification de (I) = 10^g. — Traité par C_6H_6 (180^{cm^3}) et filtré, 8^g, 5 de (I) sont passés en solution; on évapore à sec et l'on saponifie par C_6H_6 (20^{cm^3}) + KOH alcoolique à 10 % (40^{cm^3}). Après addition d'eau on agite à l'éther et l'on décante : (II) solution éthérée jaune (pour l'insaponifiable), (III) solution alcaline verte (pour les acides).

Acide arbutolique. — La solution (III) est acidifiée par ClH. Il se sépare un acide solide verdâtre que l'on sépare et qu'on lave à l'eau. Cet acide est purifié par redissolution à chaud dans la potasse faiblement alcoolique; on achève par filtration, lavage du filtrat à l'éther et précipitation nouvelle de l'acide par addition de ClH dans sa solution alcaline. L'acide recueilli et lavé sur buchner est encore très impur (vert); il est dissous dans un mélange d'acétone et de CH_3OH et cette solution est passée à travers une colonne d'acticarbone. Par évaporation du filtrat, presque incolore, on obtient un résidu solide légèrement jaunâtre lequel est ensuite chromatographié sur de l'alumine n° 3 *bis* (selon Brockmann et Schodder) en solution acétonique ou benzéno-acétonique (3 : 2). L'acide arbutolique est ensuite obtenu par élutions successives avec acétone + éther et acétone + CH_3OH : solide incolore (75^{mg}) fondant à 127° environ.

L'*acide arbutolique* ($C_{37}H_{60}O_4$) pur se présente, après recristallisation dans l'alcool à 80°, en cristaux microscopiques incolores, F 256° (corr. déc. au tube capillaire). Peu soluble à froid dans l'hexane, éther de pétrole, benzène et $CHCl_3$, mais facilement soluble dans l'acétone. Il donne la réaction de Liebermann, mais plus lentement que l'acide ursolique. Avec le réactif au chlorure de thionyle (Noller) l'acide arbutolique donne d'abord une couleur rouge → bleue et finalement *violette*; l'acide ursolique donne la même gamme, mais vire au *rouge* stable à la fin.

Analyse (%)......	C.	H.	OH.	Indice d'acide.
Trouvé...........	78,05-78,17	10,61-10,64	2,6	99,7
Calculé..........	78,12	10,63	2,9 [1(OH)]	98,6 [1(COOH)]

L'acide arbutolique donne un dérivé monoacétylé fondant à 176° (bloc).

Unédostérol et pigments de l'insaponifiable. — Ce dernier, provenant de (II), dissous dans C_6H_6 est chromatographié sur de l'alumine n° 2. Après séparation du filtrat (+ première liqueur benzénique de lavage) contenant des substances à points de fusion bas, on a

entraîné les fractions stéroliques (F 140-195°) par des mélanges de benzène et d'alcool méthylique (5%). On sépare ainsi deux pigments; l'un jaune clair qui passe en mélange avec la fraction stérolique, et l'autre, orangé (carotenoïdique) qui se laisse entraîner plus lentement.

La fraction stérolique est à nouveau chromatographiée et l'on a ainsi, parmi d'autres corps, un solide incolore lequel après deux cristallisations dans l'alcool à 95° est constitué par l'unédostérol pur.

Unédostérol $C_{29}H_{48}O$ soit $C_{29}H_{47}(OH)$. — Aiguilles incolores fondant à 218° (corr.) au tube capillaire; $[\alpha]_D^{20} = +29°,1$ ($CHCl_3$, $c = 0,47$). Réactions de coloration : Liebermann (rose → rouge → violet), Rosenheim (rose), Noller (rose → violet → bleu), etc.

Analyse (%)........	C.	H.	OH.	Indice d'iode (Hübl).
Trouvé.............	84,41-84,43	11,75-11,61	4,06	61,1
Calculé.............	84,40	11,72	4,12	61,5 (1 F).

Il donne un monoacétate, F 220° au bloc.

CHIMIE AGRICOLE. — *Évolution du manganèse dans le tubercule de semence de pomme de terre au cours de la disparition des réserves.* Note de MM. **Yves Coïc**, **Marcel Coppenet** et Mlle **Gabrielle De Baisse**, présentée par M. Albert Demolon.

Au cours de la disparition des substances de réserve du tubercule de pomme de terre, la quantité de manganèse demeure sensiblement constante.

Bien que le manganèse n'existe qu'en quantité très petite dans le tubercule de pomme de terre (la matière sèche des feuilles de pomme de terre a une teneur en Mn 10 à 20 fois plus élevée et celle des tiges est de 3 à 10 fois plus forte), son rôle dans le métabolisme de certaines réserves du tubercule n'en est pas moins important. Nous avons étudié l'évolution de cet oligo-élément au cours de la disparition des réserves du tubercule de semence. Lors des prélèvements successifs de lots semblables de tubercules, nous avons divisé ceux-ci en quatre parties approximativement égales en poids : parties corticales et médullaires de la couronne, parties corticales et médullaires du talon.

Dans le tableau ci-dessous, nous faisons figurer la quantité de matière sèche des tubercules pour indiquer leur état d'épuisement lors des différents prélèvements :

Résultats rapportés à 100 tubercules.	Plantation 12 avril.	1er prélèvement 2 mai.	2e prélèvement 16 mai.	3e prélèvement 30 mai.
Matière sèche (en g)......	1612	1122	437	193
Manganèse (en mg).......	7,9	7,15	9,5	8,75

Alors que le tubercule de pomme de terre s'épuise de ses matériaux de réserve (amidon, matières azotées, P, K, Mg, etc.) et que le calcium

s'accumule (¹), *la quantité de manganèse reste approximativement constante.* Cela ne signifie pas qu'il n'y ait absolument pas de départ ni de rentrée de manganèse. Nous pensons même que les faibles variations observées dans le temps correspondent à quelque chose de réel et non à des erreurs expérimentales : en effet, nous trouvons dans les bourgeons formés lors de la conservation en clayettes une teneur en manganèse trois fois et demie plus forte que celle des tubercules, ce qui ne représente malgré tout que $0^{mg},9$ de manganèse dans les bourgeons de 100 tubercules, quantité relativement petite. Ce manganèse ne peut évidemment provenir que du tubercule. Plus tard, lorsque le tubercule est en terre, du manganèse entre dans le tubercule mère, ainsi que cela se produit, mais alors en quantité importante, pour le calcium. Quoi qu'il en soit, la quantité de Mn du tubercule reste à peu près constante, ce qui entraîne une forte augmentation de la teneur en Mn de la matière sèche, corrélative de la disparition des réserves du tubercule, comme l'indique le tableau ci-dessous.

Plantation 12 avril.				1er prélèvement 2 mai.				2e prélèvement 16 mai.				3e prélèvement 30 mai.			
C.		T.		C.		T.		C.		T.		C.		T.	
c.	*m.*	*c.*	*m.*	*c.*	*m.*	*c.*	*m.*	*c.*	*m.*	*c.*	*m.*	*c.*	*m.*	*c.*	*m.*
(milligrammes de Mn par kilogramme de matière sèche).															
5,3	5,1	4,6	4,7	7,8	6,3	5,8	5,8	32	21	20,5	17	44	53	40	47
(Mn correspondant à 100 tubercules).															
2,05	1,95	1,9	2,0	1,9	1,7	1,7	1,9	2,8	2,0	2,4	2,3	2,05	1,85	2,2	2,6

Nota. — C, couronne; T, talon; *c*, partie corticale; *m*, partie médullaire.

Il n'a pas été constaté de notables différences de répartition du manganèse entre couronne et talon ni entre partie corticale et partie médullaire.

D'après ce que l'on sait du rôle des éléments minéraux dans les végétaux et de l'évolution de ceux-ci dans le tubercule de pomme de terre, on peut classer les substances minérales du tubercule de pomme de terre en trois catégories principales :

1. Celles qui dépendent plus particulièrement des métabolites organiques (P, K, Mg) et qui évoluent comme eux pendant l'utilisation des réserves des tubercules.

2. Celles qui semblent liées aux diastases ou à leur action et qui, comme elles, ne migrent pas ou tout au moins restent en quantité à peu près constante dans le tubercule (Mn).

(¹) Kellerman. *An. Agro.*, 4, 1878, p. 615-618.

3. Celles qui sont liées à des résidus du métabolisme et qui, par suite, s'accumulent dans le tubercule. Seule la chaux semble être normalement dans ce cas : elle s'accumule à l'état d'oxalate de chaux.

Cette classification ne doit pas être prise dans un sens trop rigide, des substances du groupe 1 pouvant, pour une petite proportion, être considérées comme faisant partie du groupe 2, des substances minérales pouvant aussi être liées à des matières de structure.

Par ces considérations, on conçoit que la teneur du manganèse soit très faible dans le tubercule de pomme de terre étant donné la grosse masse des métabolites de réserve dans ce tubercule; ceci ne signifie pas que son importance y soit faible.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Modifications histologiques du foie du Rat dans le jeûne protéique prolongé et après réalimentation.* Note (*) de MM. **Jean Clavert**, **Paul Mandel** et M[lle] **Monique Jacob**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une série de recherches antérieures ([1]) nous avons montré qu'après un jeûne protéique prolongé, l'acide ribonucléique du foie, du rein et du muscle baisse dans des proportions allant de 40 à 65 %. Nous avons constaté d'autre part que les animaux sont capables de reconstituer l'acide ribonucléique perdu si on leur fait suivre après l'inanition protéique un régime à base de caséine, riche en vitamines du groupe B ([2]).

Il nous a paru intéressant d'étudier les modifications histologiques qui correspondent aux changements constatés par les méthodes biochimiques.

Nos essais ont porté sur 19 rats groupés en deux lots homogènes et comportant 6 témoins, 8 jeûneurs et 5 réalimentés. En dehors des témoins tous les animaux ont été soumis à une inanition protéique jusqu'à la perte de 40 à 45 % de leur poids corporel, ce qui demande 50 à 63 jours. C'est alors que 8 jeûneurs furent sacrifiés et 5 autres réalimentés avec un régime à base d'amidon et comportant 20 % de caséine, 5 % de mélange salin, 5 % de levure de boulanger, un supplément de riboflavine et d'acide folique et des vitamines liposolubles. Notons que les animaux furent sacrifiés 7 heures après l'enlèvement des mangeoires de leurs cages individuelles.

Les organes prélevés ont été fixés dans du liquide de Carnoy et de Regaud. Ils ont ensuite été colorés soit au bleu de toluidine pour l'étude de la basophilie, soit à l'hématoxyline pour l'étude du chondriome.

Voici résumées les observations que nous avons faites.

(*) Séance du 2 janvier 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2019; **228**, 1949, p. 957; *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 536.

([2]) *C. R. Soc. Biol.* **143**, 1949, p. 1245.

Après coloration au bleu de toluidine, on note chez les rats témoins la présence de nombreuses enclaves basophiles en mottes, réparties assez régulièrement dans *toutes les cellules du lobule*. Il ne semble pas exister de régions à basophilie nettement accrue. Après un jeûne protéique prolongé on observe une très nette diminution de la basophilie, particulièrement accusée au niveau des cellules centrolobulaires et dans la partie moyenne interne du lobule. La basophilie est constituée avant tout par de nombreuses petites granulations qui tranchent avec les enclaves volumineuses constatées chez les témoins. Après la réalimentation à l'aide du régime comportant des protides, la basophilie se reconstitue et présente un aspect sensiblement identique à celui des témoins. Ces constatations se trouvent en parfait accord avec les faits observés par les techniques biochimiques.

Après fixation au Regaud, mordançage au bichromate et coloration par l'hématoxyline ferrique, on observe au niveau du chondriome peu de modifications caractéristiques.

En conclusion, au cours du jeûne protéique, on observe avant tout une baisse de la basophilie des cellules hépatiques, principalement de celles de la région centrolobulaire. Ces modifications disparaissent après réalimentation et il semble que les changements subis par les cellules hépatiques au cours du jeûne protéique soient parfaitement réversibles. La cellule hépatique dans nos conditions expérimentales ne paraît pas présenter de lésions définitives.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Variation, avec la durée de l'éclat additionnel, du seuil différentiel, et le balisage diurne*. Note (*) de M. **Ernest Baumgärdt**, transmise par M. Jean Becquerel.

Soit L la luminance à laquelle est adapté l'œil et $L+\Delta L$ la luminance d'une petite plage fixée fovéalement. Est appelée *seuil différentiel* la quantité ΔL nécessaire pour que l'œil discerne, avec une fréquence de 50 %, la petite plage de luminance $L+\Delta L$, apparaissant pendant une durée bien déterminée au centre de la grande plage d'adaptation de luminance L visible en permanence. Nous appelons d'autre part *seuil relatif* la proportion $\Delta L/L$ et nous cherchons à déterminer l'allure de $\Delta L/L$ en fonction de L et de la durée t de l'éclat additionnel.

Ainsi posé, le problème revêt un certain intérêt d'ordre pratique, à savoir de rechercher quelle fraction de l'énergie lumineuse nécessaire pour le balisage diurne par éclairage permanent il suffit de fournir en éclats brefs.

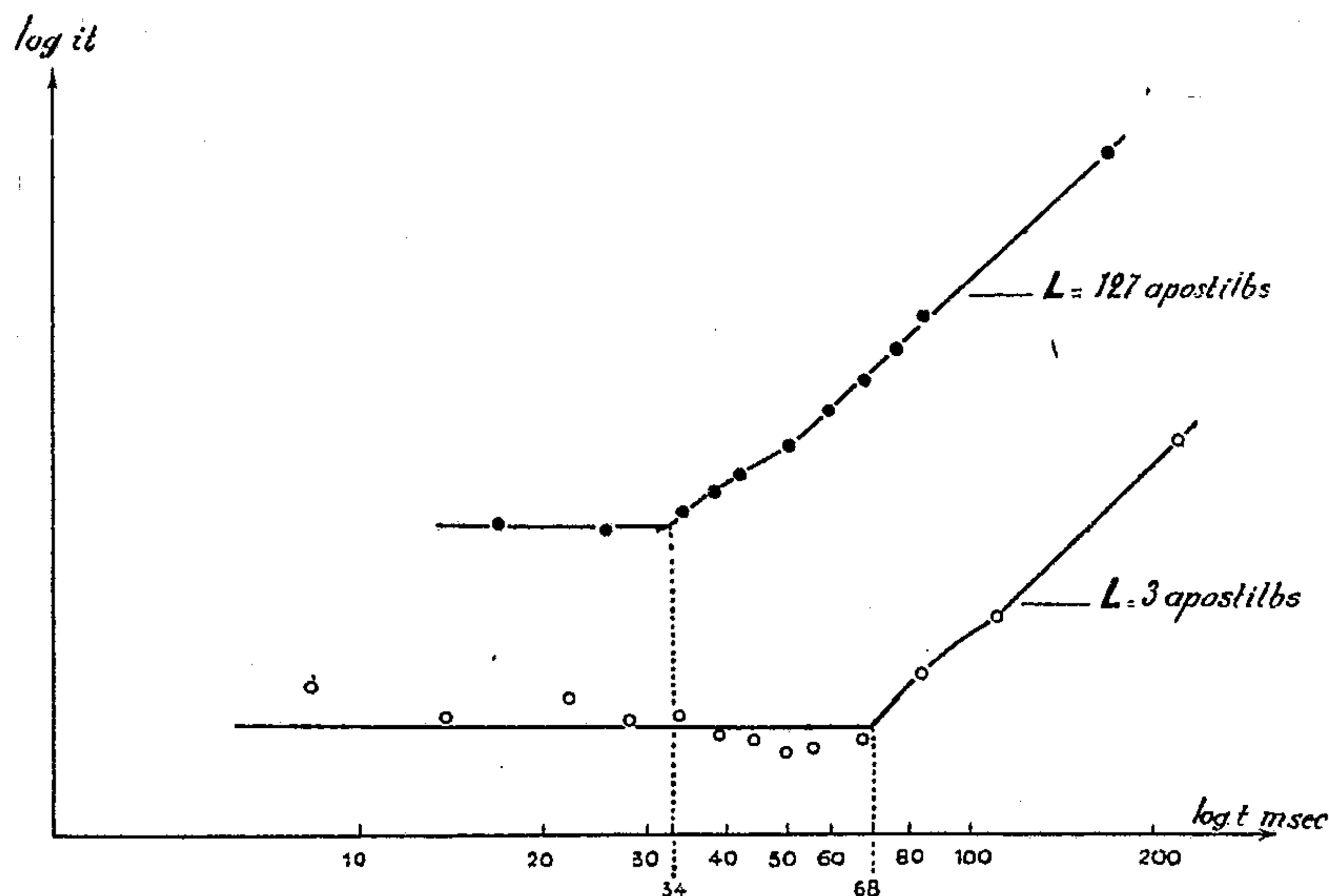
Si la loi de Bloch ($it=$ const., où i est l'intensité lumineuse proportionnelle à la luminance additionnelle ΔL) était valable, $\Delta L/L$ serait inversement proportionnel à la durée t de l'éclat. La loi de Bloch se vérifiant au seuil absolu

(*) Séance du 13 mars 1950.

pour des durées inférieures à 40 msec en vision fovéale, il était à présumer qu'elle se vérifierait également pour le seuil différentiel. Mais on ne pouvait pas prévoir avec certitude quelle serait la valeur limite de t, appelée τ, pour laquelle cette loi serait encore valable, et il était également intéressant de connaître l'allure de $\Delta L/L$ en fonction de t, pour $t > \tau$.

On opère en lumière blanche et en vision monoculaire. La plage d'adaptation apparaît sous un angle visuel de 11°, la plage centrale sous un angle de 2°,08 (sauf une seule série où cet angle est égal à 1°,04), l'homochromie des plages étant assurée. La durée de l'adaption est de 15 minutes; en effet, $\Delta L/L$ atteint un minimum après 3 minutes d'adaptation et tend ensuite vers une valeur-limite qui semble atteinte après 12 minutes environ.

Une seconde et demie avant l'apparition de l'éclat, le sujet est avisé de fixer un point noir sous-tendant un angle visuel de 7'; c'est le centre de la plage additionnelle et, en même temps, de la plage d'adaptation. La durée de l'éclat est réglée par l'ouverture du secteur d'un tachistoscope commandé par un variateur de vitesse; elle varie entre 5,5 et 222 msec. Les luminances employées sont de 0,95; 10,0 et 40 nits, soit respectivement 3,0, 32 et 127 apostilbs (lux équivalents).



Quatre sujets ont été employés, dont deux pour la totalité des séries effectuées avec une plage additionnelle de 2°,08. Le nombre des points de mesure par courbe varie entre 7 et 13, selon l'endurance et l'entraînement des sujets.

Les résultats obtenus concordent très bien et montrent que :

1° Pour les luminances de 10 et 40 nits, τ est compris entre 34 et 42 msec (cinq séries de mesures faites sur quatre sujets).

2° Pour la luminance de 0,95 nits, trois séries obtenues avec trois sujets

fournissent des τ allant de 63 à 68 msec. Une quatrième série, relative à une plage additionnelle vue sous un angle de 1°,04, fournit τ égal 60 msec.

3° Sur les courbes relatives aux deux sujets les mieux entraînés, on voit avec une grande netteté que la valeur $\log it$, portée en fonction de $\log t$, se compose de trois tronçons. Le premier, allant jusqu'à τ, est une parallèle à l'axe des abscisses; le second, allant de τ à $5/3\,\tau$ environ, est concave par rapport à l'axe des $\log t$; le dernier est une droite pouvant être décrite par l'égalité $\log it = \log t + \text{const.}$ (ce qui signifie que ΔL, proportionnel à i, est constant).

L (apostilbs).	Δ/L (sujet E. B.).	τ (moyennes).	τ (limites extrêmes).
3............	0,018	64	60-68
32............	0,011	39	38–40
127............	0,010	38	34–42

Notre analyse ([1]) du phénomène de Broca et Sulzer pourrait fournir l'explication du fait que τ croît quand L baisse; il est en effet bien établi que l'inhibition nerveuse contrebalance d'autant plus tard la facilitation que la stimulation visuelle est plus faible, et les courbes de Stainton montrent cet effet avec beaucoup de netteté.

La comparaison de l'allure générale des courbes obtenues avec celles qui sont relatives au seuil fovéal montre que leur concavité par rapport à l'axe des $\log t$, expliquée par nous ([2]) comme effet inhibiteur, se maintient jusqu'aux niveaux de 10^5 fois ce seuil. Par contre, une durée de l'ordre de 0,1 seconde de l'éclat additionnel correspond déjà à une exposition de durée infinie et $\Delta L/L$ ne diminue plus quand on continue à augmenter t.

Enfin, on voit que le balisage diurne nécessite un minimum d'énergie lumineuse quand il s'opère par éclats d'une durée inférieure à 1/30 de seconde.

BIOPHYSIQUE. — *Les spectres infrarouges du fibrinogène. Modifications spectrales apportées par la transformation de ce dernier en fibrine sous l'action de la thrombine.* Note de M. **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons pu obtenir le spectre infrarouge entre 5 et 8$^{\mu}$ de trois échantillons de la portion I du fractionnement des protéides plasmatiques par la méthode de Cohn, qui, on le sait, est particulièrement riche en fibrinogène.

Ces échantillons proviennent des laboratoires du Lister Institut, de Armour

---

([1]) *L'Année psychol.*, 43 et 44, 1947, p. 54-102.

([2]) *Revue d'Optique*, 28, 1949, p. 661-690.

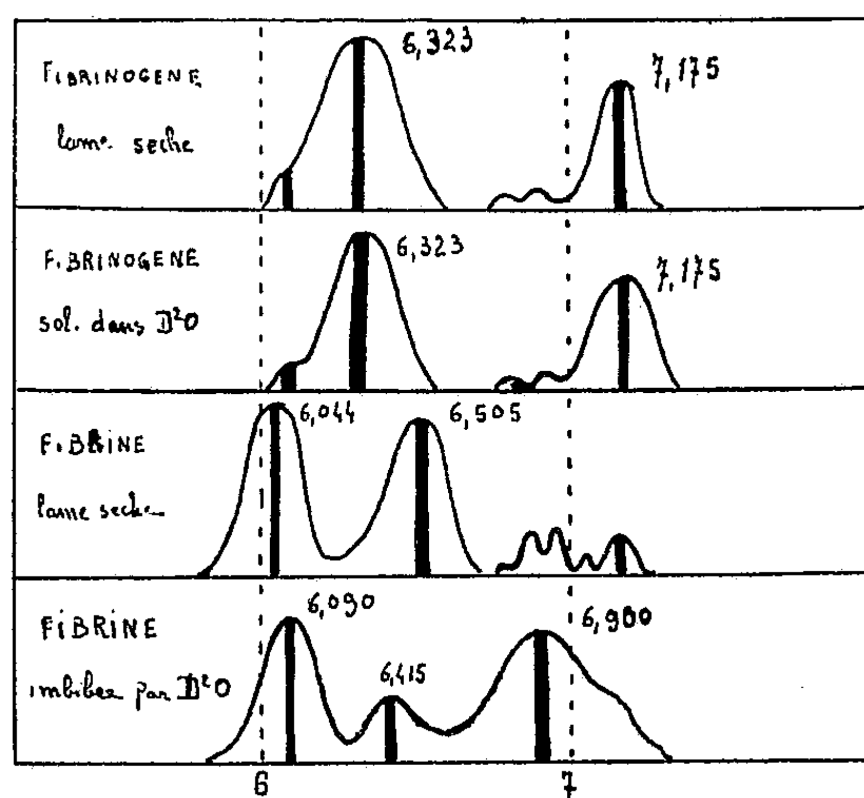
et de Cohn lui-même; ils nous ont été confiés par le Dr Bessis, chef de laboratoire du Centre national de la transfusion sanguine.

Le spectre de l'échantillon le plus pur, provenant du laboratoire de Cohn, est remarquable par la présence de deux très fortes bandes à 6,323 et à $7^{\mu},175$ et par l'absence de deux bandes caractéristiques des protéines à 6,090 et à $6^{\mu},40$.

Les deux bandes caractéristiques des protéines sont dues exclusivement à la présence de la liaison peptidique dans la molécule ([1]). Leur absence dans le fibrinogène permet de penser que l'union des acides aminés dans cette substance n'est pas assurée par ce type de liaison, au moins dans sa structure habituelle.

Il ne peut s'agir non plus de formations dicetopipéraziques dont le spectre est bien différent de celui du fibrinogène. La position des bandes de ce corps indique seulement l'existence probable de doubles liaisons très fortement perturbées.

Cet état est relativement instable et le spectre change d'une façon particulièrement frappante lors de la coagulation du fibrinogène sous l'action de la thrombine. Cette réaction facilement effectuée sur lame de fluorine donne un beau film de fibrine transparent qui, lavé pour éliminer toute trace de thrombine, présente un spectre typique de protéine avec les deux fortes bandes de la liaison peptidique à 6,045 et $6^{\mu},505$.



Un résultat analogue peut être obtenu par dénaturation du fibrinogène par la chaleur.

([1]) H. Lenormant, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 58 et 545.

Nous avons examiné tous ces phénomènes en présence d'eau lourde. Dans le cas de la fibrine, on observe les variations spectrales dues à la deutération de la liaison peptidique, que nous avons antérieurement décrites (²). En particulier la bande $6^{\mu},505$ se déplace à $6^{\mu},900$. Au contraire, les bandes du fibrinogène ne subissent aucune modification, ce qui confirme leur origine différente de celles de la liaison peptidique. Les échantillons de Armour et du Lister Institut, moins purs que celui de Cohn, présentaient, outre les bandes propres du fibrinogène, les bandes communes à tous les protéides.

De ces expériences, il semble résulter que la liaison peptidique n'existe pas dans le fibrinogène et que le propre de la transformation de cette substance en fibrine, sous l'action de la thrombine, lors de la coagulation du sang, est précisément de faire apparaître ce type de liaison.

Il s'agit là d'une profonde modification de la molécule telle qu'il n'en a jamais été signalé jusqu'ici.

BIOPHYSIQUE. — *Biréfringence d'écoulement de complexes protéiques. Données préliminaires.* Note de MM. **Maurice Joly** et **Boris Rybak**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans un travail antérieur (¹) l'un de nous avait été conduit à considérer que des complexes du type protéine basique-protéine acide interviendraient dans la constitution du fuseau achromatique, le caractère fibrillaire de celui-ci laissant supposer qu'il était constitué par des molécules asymétriques, nous avons réalisé l'étude chimique et optique de solutions de complexes protéiques.

Nous ne donnerons ici qu'un aperçu de certains de nos résultats rhéologiques.

Nous avons observé que si l'on mélange du sulfate de thymohistone (de Veau) ou du sulfate de salmine en solution aqueuse (eau bidistillée) avec du sérum albumine amorphe ou cristallisée (sérum de Cheval) également en solution aqueuse, on obtient instantanément, *en l'absence de sels* et à pH neutre ou voisin de la neutralité, une opalescence de précipitation. Si l'on soumet ce mélange protéique à un écoulement rapide dans un appareil pour mesure de biréfringence découlement à cylindre interne tournant (²), on constate qu'il présente un effet Maxwell. Nous donnons ci-après, à titre d'exemple, les valeurs de l'angle d'extinction observé avec deux de nos préparations :

(²) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1861.

(¹) B. Rybak, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 464.

(²) M. Joly, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 30, 1948, p. 404.

	Angles d'extinction.		
Gradients de vitesse	447 sec⁻¹.	1190 sec⁻¹.	3570 sec⁻¹.
24ᵐˡ sérum albumine amorphe à 0ᵍ,026 N/100ᵐˡ + 2ᵐˡ de thymohistone à 0ᵍ,037 N/100ᵐˡ	15°	10°	8°
20ᵐˡ sérum albumine cristallisée à 0ᵐᵍ,236 de N par millilitre + 2ᵐˡ de salmine à 0ᵐᵍ,0718 d'azote par millilitre. Dilution de l'ensemble à demi par de l'eau bidistillée	8°,5	3°	3°

Les témoins albumine seule et histone ou salmine seule ne présentent aucune biréfringence d'écoulement.

Les sels (ClK, ClNa, adénosine triphosphate de sodium à pH 7) qui dissolvent le complexe protéique (baisse de l'opacité) amènent une chute de la biréfringence d'écoulement. Par contre, la colchicine qui accentue l'opacité augmente la biréfringence d'écoulement. Par vieillissement des solutions, le complexe précipite et la biréfringence d'écoulement disparaît; on peut la faire réapparaître en ajoutant une certaine quantité de ClNa par exemple de telle sorte qu'il ne se produise pas une solubilisation totale du complexe.

Exemple. — Pour un système : 20ᵐˡ sérum albumine amorphe à 0ᵍ,165 d'azote pour 100ᵐˡ + 5ᵐˡ de sulfate de salmine à 0ᵐᵍ,0718 d'azote par millilitre (le tout dilué à 200ᵐˡ par de l'eau bidistillée), on obtient les valeurs suivantes :

Gradients de vitesse	447 sec⁻¹	1190 sec⁻¹	3570 sec⁻¹
Angles d'extinction	12°	8°	5°,75

Ce système conservé huit jours à + 4° C précipite et ne présente plus de biréfringence d'écoulement. Si l'on ajoute alors à 20ᵐˡ de cette suspension 1ᵐˡ de ClNa N/1, les agrégats se remettent partiellement en solution et le nouveau système présente les valeurs suivantes :

Gradients de vitesse	447 sec⁻¹	1190 sec⁻¹	3570 sec⁻¹
Angles d'extinction	11°,5	3°,75	2°,5

Signalons encore que le système polymixine-sérum albumine présente également une biréfringence d'écoulement dans des conditions telles que celles-ci :

12ᵐˡ de sérum albumine de cheval amorphe à 2ᵐᵍ,464 d'azote par millilitre + 20ᵐˡ de sulfate de polymixine B à 445ᵐᵍ dans 100ᵐˡ d'eau bidistillée (1ᵐᵍ = 4635 Unités antibiotiques); opacité = 50 en lumière bleue; donnent :

Gradients de vitesse	447 sec⁻¹	1190 sec⁻¹	3570 sec⁻¹
Angles d'extinction	11°	8°	5°

Des calculs de dimensions obtenus soit à partir de la relation de Kuhn [3],

[3] *Z. f. Phys. Chem.*, 161 A, 1932, p. 427.

soit à partir des récentes données numériques d'Edsall ([4]), il ressort que les complexes protéine basique-protéine acide sont formés de particules anisotropes de grande taille provenant de la condensation d'un nombre élevé de molécules des constituants.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *L'iodémie du Saumon* (Salmo salar *L.*) *au cours de sa migration reproductrice*. Note de MM. **Maurice Fontaine** et **Jacques Leloup**, présentée par M. Paul Portier.

Chez le Saumon de l'Adour, les valeurs de l'iodémie et de l'iode *thyroxinien* du sérum, au moment de la reproduction et sur les frayères sont nettement inférieures à celles du Saumon frais de montée.

Après avoir mis en évidence l'iodémie élevée de deux Poissons migrateurs potamotoques (Saumon et Alose) ([1]), nous apportons des données sur les variations importantes des diverses fractions de l'iode sanguin du Saumon de l'Adour au cours de sa migration reproductrice. La technique de dosage est celle précédemment utilisée ([1]). Les valeurs du tableau I (exprimées en γ pour 100^{cm^3} de sérum) ont été obtenues sur le sérum de Saumons capturés en mars 1949, à Peyrehorade (Landes) lors de leur migration de montée. Celles du tableau II concernent les Saumons capturés à Oloron-Sainte-Marie (Basses-Pyrénées) sur les frayères et au moment même de la fraye en décembre 1949.

La comparaison des tableaux I et II met en évidence, du Saumon frais de montée au Saumon sur les frayères, une diminution considérable de l'iode total et une diminution moindre mais encore importante de l'iode *protéique* et de l'iode *thyroxinien*. La différence entre les moyennes est nettement significative pour l'iode total ($t = 3,93$) ([2]) et pour l'iode *thyroxinien* $t = 4,35$); par contre elle n'est pas significative pour l'iode *protéique* ($t = 1,84$) probablement par suite des variations individuelles plus importantes de cette valeur. Toutefois, les résultats concernant l'iode minéral et l'iode *thyroxinien* suffisent à établir la chute d'intensité du fonctionnement thyroïdien entre les

---

([4]) H. A. Sheraga, J. T. Edsall et J. Orten Gadd, *Double refraction of flow and the dimensions of large asymetrical molecules*, 1949 (Communication personnelle).

([1]) M. Fontaine et J. Leloup, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 775.

([2]) Rappelons que t est calculé par la formule

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| \sqrt{\frac{1}{N'}}}{\sqrt{S(x_1^2) - \frac{[S(x_1)]^2}{N_1} + S(x_2^2) - \frac{[S(x_2)]^2}{N_2}}}.$$

deux groupes envisagés, conclusion en accord avec les données histologiques publiées antérieurement ([3]). En effet, on ne peut attribuer à une dilution du sang des diminutions aussi importantes des teneurs en iode, car les variations du Δ et de la chlorémie n'atteignent pas 15 %. De plus, la différence notable des pourcentages de diminution entre l'iode total d'une part, et l'iode *protéique* et *thyroxinien* d'autre part, entraîne une élévation des rapports I *protéique*/I total et I *thyroxinien*/I total. Il semble donc que sur les frayères, le Saumon ait épuisé la majeure partie de ses réserves d'iode à l'état minéral, réserves qui lui ont servi à synthétiser l'hormone thyroïdienne au cours de sa vie en eau douce.

TABLEAU I.

Sexe.	♂.	♂.	♀.	♀.	♀.	♀.	♀.	♀.	Moy.
Iode total	199	137,7	123	36,2	132,3	41,5	66	257,6	124,2
» *protéique*	80,5	32,2	25,6	16,5	38,2	9,9	15	29,8	31
» *thyroxinien*	21,2	17	14	9,3	18,2	11,5	11,4	25	16
Iode *protéique* / Iode total (%)	40,4	23,4	20,8	45,5	28,8	23,85	22,7	11,57	27,13
Iode *thyroxinien* / Iode total (%)	10,65	12,34	11,4	25,7	13,75	27,7	17,3	9,7	16,06

TABLEAU II.

Sexe.	♂.	♂.	♂.	♂.	♂.	♀.	♀.	♀.	♀.	Moy.
Iode total	22,7	28	11,2	20,8	16,8	9	53,5	14	7,9	21,5
» *protéique*	22	24,2	10,8	15,5	5,3	7,85	39,8	13	2,7	15,7
» *thyroxinien*	13,3	10,7	6,25	5,15	3,1	1,2	7,7	4,6	2,35	6,04
Iode *protéique* / Iode total (%)	96,9	86,4	96,4	74,5	31,55	87,2	74,4	92,85	34,2	74,9
Iode *thyroxinien* / Iode total (%)	58,6	38,2	55,8	24,7	18,4	13,3	14,4	32,8	29,7	31,7

Soulignons toutefois les grandes variations individuelles observées chez divers Saumons capturés en un même lieu et à une même étape du cycle vital, car elles ne sont intelligibles que si l'on tient compte des grandes différences de comportement observées. Ainsi, sur les frayères, certains Saumons sont sédentaires tandis que d'autres continuent à effectuer des tentatives répétées de saut par dessus les barrages; certains apparaissent dans une très mauvaise condition physique et représentent sans doute les individus voués à une mort prochaine, peu après la reproduction, tandis que d'autres pourront vivre encore plusieurs semaines ou plusieurs mois en eau douce, gagner à nouveau les eaux marines et recommencer un cycle de migration. Il n'est donc pas

([3]) M. FONTAINE et M. OLIVEREAU, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1660.

étonnant qu'à ces diverses conditions et comportements correspondent des états biochimiques différents. D'autre part, il nous paraît probable qu'il existe chez le Saumon frais des phases d'hyperfonctionnement thyroïdien séparées par des phases de moindre activité.

Mais dans l'ensemble on peut conclure que l'iodémie et le taux en hormone thyroïdienne du sang sont nettement abaissés chez le Saumon à l'époque de la fraye par rapport à ces mêmes valeurs chez le Saumon frais de montée. Les diverses significations éthologiques et physiologiques de ce résultat seront discutées ultérieurement.

BACTÉRIOLOGIE. — *Une espèce bactérienne nouvelle isolée du sol :* Endosporus anacidogenes *n. sp.* Note de M. **Jacques Pochon** et M[lle] **Marie-Antoinette Chalvignac**, présentée par M. Joseph Magrou.

Espèce bactérienne nouvelle essentiellement caractérisée par le fait qu'elle est très peu glucidolytique et ne libère pas d'acides au cours de la culture.

Au cours d'expériences sur les groupements fonctionnels zymogènes du sol, il nous a été donné d'isoler une bactérie (dont le rôle physiologique sera ultérieurement discuté), présentant les caractères suivants :

Morphologie. — Bâtonnet de 2 à 3^{μ} sur $0^{\mu},5$; mobile, péritriche; spore centrale ou subterminale, clostridienne, déformant le corps bactérien. Il se colore bien par les couleurs d'aniline et ne se colore pas par la méthode de Gram.

Caractères culturaux. — Aérobie strict; optimum thermique : 37°. La culture est possible à 20° et impossible à 65°; les spores résistent 5 minutes à 95°; une minute à 100°. Elles sont tuées par un chauffage de 5 minutes à 100°.

Le *bouillon* et *l'eau peptonée* sont légèrement troublés avec un voile en surface, tombant au fond du tube.

Sur *gélose inclinée* les colonies sont plates, régulières, de 2 à 3^{mm} de diamètre; blanches à reflet métallique très accentué (c'est un des caractères les plus nets); par vieillissement la surface se plisse ou s'ombilique.

En *gélose profonde*, la culture ne se produit guère qu'en voile, à la surface.

Le *lait* est lentement coagulé (5 à 6 jours) sans digestion du caillot. Le lait tournesolé ne vire pas. Sur *sérum coagulé* la culture est lente, sans protéolyse. La *gélatine* n'est pas liquéfiée. Il n'y a pas production de SH_2. Les *nitrates* sont réduits en nitrites.

Sur eau peptonée additionnée de *glucides* et d'indicateurs de réaction, on ne note aucune acidification et aucune production de gaz malgré une culture assez abondante. D'ailleurs un dosage de sucres avant et après culture montre qu'il n'y a eu aucune utilisation de ceux-ci.

Par contre, si la culture est réalisée sur milieu synthétique [ClK, Ig — ClNa, Ig — Po_4K_2H, Ig — SO_4Mg, 0,5g — $CO_3(NH_4)_2$, Ig], additionné de sucres divers comme seule source de carbone, il n'y a prolifération qu'en présence de glucose, lévulose, galactose, lactose, saccharose, maltose, glycérol, mannitol, amidon, à l'exclusion des pentoses. Cette culture est toujours très discrète et ne s'accompagne pas de virage sensible de l'indicateur. Des dosages des sucres effectués avant et après la culture montrent que l'utilisasion est faible : par exemple, dans un milieu contenant 2 % de glucose au départ, on retrouve 1,9 % après culture.

Le *pouvoir désaminant* est assez élevé : dans une eau peptonée contenant, avant culture, $4^g,9$ °/₀₀ de N protéique, on trouve, après culture 0,5 °/₀₀ de N ammoniacal (dosage par déplacement par la magnésie, à froid, et entraînement par barbotage).

Les essais de détermination du *type fermentaire* ont été entièrement négatifs : il n'y a eu formation ni d'acides volatils, ni d'acides fixes, ni d'alcool.

Enfin ce germe ne fixe pas l'azote atmosphérique et n'attaque pas la cellulose.

Il s'agit donc d'une espèce nouvelle du genre *Endosporus* pour laquelle nous proposons le nom de *Endosporus anacidogenes* n. sp.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les conditions de production du bactériophage chez une bactérie lysogène* (1). Note (*) de MM. **André Lwoff, Louis Siminovitch** et **Niels Kjeldgaard**, présentée par M. Joseph Magrou.

L'étude en microgouttes d'une souche lysogène de *Bacillus megatherium* a montré que la capacité de produire des bactériophages (φ) se perpétue par voie endomicrobienne, qu'il peut y avoir multiplication bactérienne sans libération de φ et que ceux-ci sont libérés par la lyse des bactéries (2).

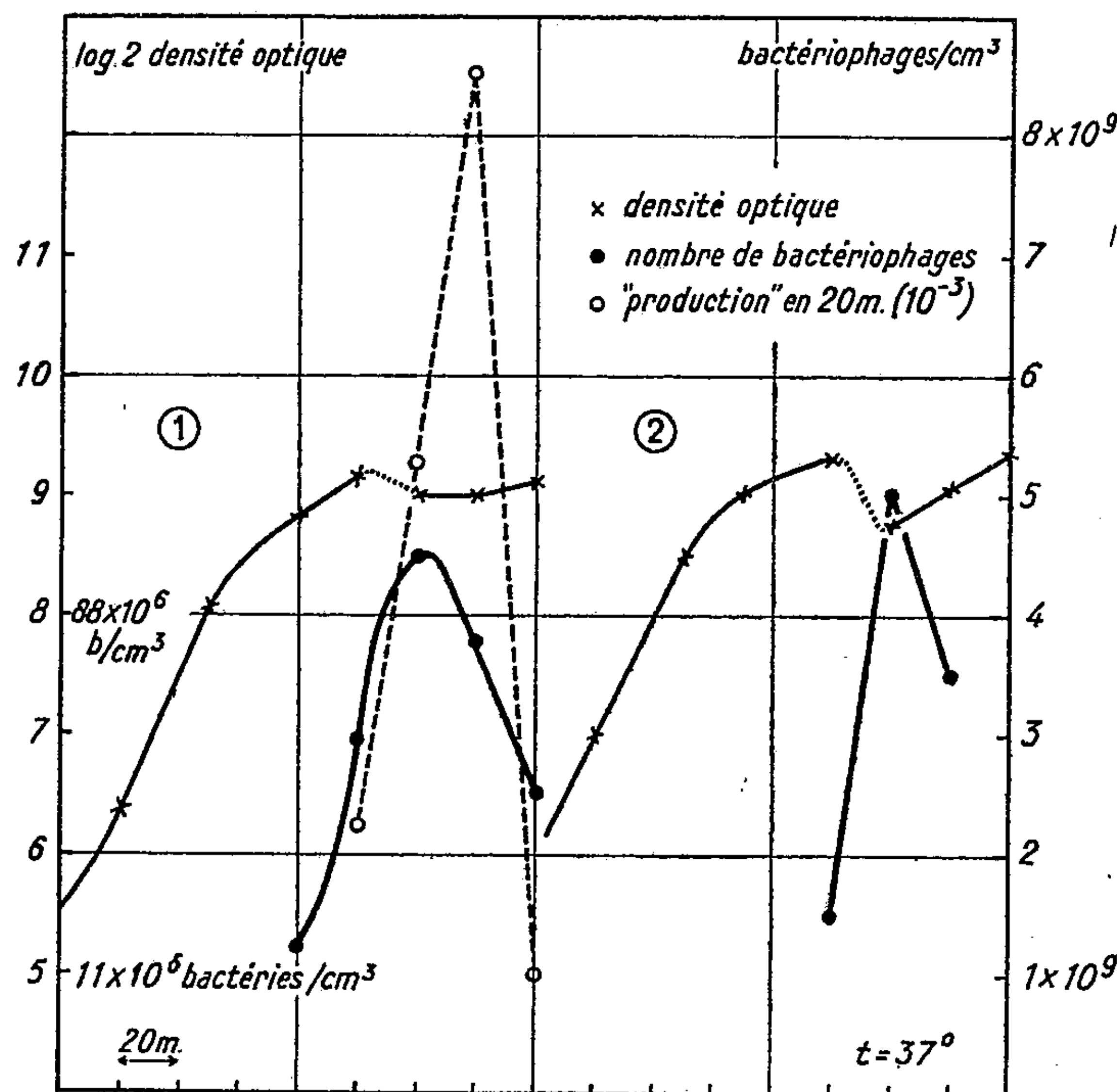
On prépare la solution suivante : PO_4H_2K, $3^g,4$; $SO_4(NH_4)_2$, $0^g,5$; SO_4Mg7OH_2, $0^g,24$; $(NO_3)_2Ca$, 33^{mg}; SO_4Fe7OH_2, $120^{\mu g}$; Cl_2Mn, $500^{\mu g}$; Cl_2Co6OH_2, $60^{\mu g}$; SO_4Zn7OH_2, $126^{\mu g}$; MoO_4Na_2, $30^{\mu g}$; $B_4O_6Na_2 10OH_2$, $250^{\mu g}$; $C_6H_4O_2Cu5OH_2$, $40^{\mu g}$; OH_2, 1^{dm^3}; OHK *q. s.* pour pH 7,2. On ajoute à 100^{cm^3}, 10^{cm^3} d'extrait de levure et 2^{cm^3} de bouillon peptoné. Dans un milieu bien aéré, le développement s'arrête à une densité optique (d. o.) voisine de 1000. Si l'on introduit dans une fiole d'Erlenmeyer de 200^{ml}, 50^{cm^3} de milieu auquel

(*) Séance du 13 mars 1950.

(1) Les résultats de ce travail, effectué avec l'aide d'une subvention du *National Institute of Health* des États-Unis d'Amérique, seront publiés *in extenso* dans les *Annales de l'Institut Pasteur*.

(2) A. Lwoff et A. Gutmann, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 605-607, 679-682, 789-791; **230**, 1950, p. 154-156 et *Ann. Inst. Pasteur* (à l'impression).

on imprime un mouvement lent avec un agitateur magnétique, on constate que le taux de croissance, à 37°, reste très proche de 3 jusqu'à ce que la culture atteigne une d. o. de 300, laquelle, dans les conditions de nos mesures, correspond à 102.10^6 bactéries/cm³. Le taux de croissance prendra alors, en 10 minutes environ, une valeur comprise entre 1,5 et 0,5 ou même moins. Et l'on observe parfois, après 45 minutes, une baisse de la d. o. qui passe, par exemple, de 590 à 510 (*fig.* 1) ou de 666 à 448 (*fig.* 2), soit une diminution de 14 et 33 %.



Si l'on suit le nombre de φ dans une culture (dosage après lyse lysozymique), on voit que durant la phase exponentielle le rapport φ/bactéries varie de 0,5 à 3. Mais 45 minutes après le temps de l'inflexion, il y a une augmentation brusque de la production de φ, augmentation toujours plus importante lorsqu'il y a baisse de la d. o. Dans les expériences 1 et 2, cette baisse correspond à la lyse d'environ 27.10^6 et 74.10^6 bactéries/cm³. L'augmentation du nombre de φ a été de $1,5.10^9$ et $4,5.10^9$, soit une apparition de 46 et 61 φ par bactérie disparue. Elle doit être en réalité plus importante car il y a dans ces conditions adsorption d'une partie des phages libérés. Si la culture est diluée 1000 fois et que l'on mesure la différence entre le nombre initial de φ trouvé par dosage direct au temps 0 et le nombre trouvé après 20 minutes qui correspond à *production* de la figure 1, on constate que celle-ci augmente régulièrement durant la période critique et atteint un maximum de $8,5.10^9$. Des différences du même ordre sont observées aussitôt après une dilution, opération qui

demande environ 3 minutes. On ajoute par exemple du lysozyme à une culture de d. o. 540, au point critique de la courbe, *a* non diluée et *b* diluée 1000 fois. Le nombre de φ trouvé est : *a*. $1,4.10^9$, *b*. $16,9,10^9$ bactériophages/cm^3. La simple dilution a donc suffi pour révéler la présence de bactéries susceptibles de libérer en 3 minutes $15,5.10^9$ φ ce qui correspond à la lyse d'au moins 60 % des bactéries.

D'après nos observations, la durée de la phase latente du *B. megatherium* dans les conditions de nos expériences est de 45 minutes. Or, il s'écoule 45 minutes entre le moment de l'inflexion de la courbe de croissance et le début de la production massive de φ qui dure 20 à 30 minutes. Tout se passe comme si un facteur, ou un ensemble de facteurs dans lesquels nous savons que l'aération du milieu joue, directement ou indirectement, un rôle important, déterminait des conditions déclenchant la production des φ. La chute brusque du taux de croissance est manifestement en relation avec le développement des φ, mais on ne saurait dire si elle en est l'effet, ou partiellement la cause, ou bien l'un et l'autre. On sait que le φ ne se multiplie pas dans les bactéries potentiellement lysogènes sous une forme infectieuse. Il est possible que les facteurs inducteurs agissent en modifiant la vitesse relative de multiplication de la bactérie et d'un *probactériophage* et que l'équilibre soit modifié de façon irréversible lorsque le nombre des probactériophages atteint une valeur critique.

MICROBIOLOGIE. — *Effets virulicides de l'auréomycine sur le virus de la fièvre aphteuse*. Note (*) de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. Gaston Ramon.

L'activité thérapeutique de l'auréomycine dans le typhus exanthématique et dans les infections occasionnées par les virus du groupe psittacose-lymphogranulomatose inguinale, nous a engagés à étudier les propriétés virulicides de cet antibiotique à l'égard des virus de la fièvre aphteuse dermotrope et neurotrope [souche Nagel (1)].

I. Virus aphteux dermotrope [souche O, Vallée (2)].

1° *Effets virulicides* in vitro. — Virus prélevé sur les aphtes pattellaires de cobaye, suspendu dans le liquide de Tyrode (10^{-1}) et additionné de 20^{mg} d'auréomycine par centimètre cube. Contact d'une heure à 37°, puis inoculation intradermique à la patte des cobayes; d'autres sujets inoculés uniquement avec le virus servent de témoins. Nulle réaction locale chez les premiers, aphtes typiques chez les seconds. 2^{mg} d'antibiotique par centimètre cube se révèlent partiellement virulicides.

2° *Effets préventifs* in vivo. — Des cobayes sont contaminés par voie intradermique. Le jour même on leur administre, soit sous la peau, soit *per os*, des quantités variables d'auréomycine. Des sujets non traités servent de témoins. Dans le tableau ci-après sont consignés les résultats enregistrés.

(*) Séance du 13 mars 1950.

(1) *Deutsch. Tierärzt. Woch.*, 45, 1937, p. 624.

(2) Souche mise à notre disposition par M. Verge.

TABLEAU.

Cobayes traités.

Expérience.	Dose d'A. (mg/kg). Par jour.	Totale.	Cobayes.	Pré-vention.	Résultats. 1er j.	2e j.	3e j.	4e j.	5e j.
I	500 S. c.	1500 S. c.	1	2/3	o	o	o	o	—
			2		+	+++	+++	+++	—
			3		o	o	o	—	—
II.....	500 Sc.	1500 Sc	1	5/5	o	o	o	o	—
			2		o	o	o	o	—
			3		o	o	o	o	—
			4		o	o	o	o	—
			5		o	o	o	o	—
III....	500 *P. o.*	1000 Sc	1	4/5	o	o	o	o	—
			2		+—	+++	+++	—	—
			3		o	o	o	o	—
			4		o	o	o	o	—
			5		o	o	o	o	—
IV....	300 *P. o.*	600	1	2/5 (retard)	o	o	o	o	o
			2		+—	+	+	+	+
			3		o	o	o	o	—
			4		o	+	++	++	++
			5		+—	+—	++	++	++
V.....	200 *P. o.*	400	1	2/5	o	o	o	o	o
			2		+	++	++	++	++
			3		++	—	—	—	—
			4		++	+++	+++	+++	+++
			5		o	o	o	o	o
VI....	100 *P. o.*	200	1	4/5	++	+++	+++	+++	+++
			2		o	o	o	o	o
			3		o	o	o	o	o
			4		o	o	o	o	o
			5		o	o	o	o	o

Cobayes témoins.

Expérience.	Cobayes.	Résultats. 1er j.	2e j.	3e j.	4e j.	5e j.
I	1	+	+++	+++	+++	+++
	2	+	+++	+++	+++	+++
	3	+	+++	+++	+++	+++
II.....	1		++	+++	+++	+++
	2		++	+++	+++	+++
	3		+++	+++	+++	+++
III....	1	+—	+++	++++	++++	++++
	2	+—	+++	++++	++++	++++
IV....	1	++	+++	+++	+++	+++
	2	++	+++	+++	+++	+++
V et VI	1	+++	+++	+++	+++	+++
	2	o	+++	+++	+++	+++
	3	o	+++	+++	+++	+++

Abréviations. — A, Auréomycine; o, prévention totale; +— à ++++, degré de l'infection; Sc, sous-cutané; *P. o.*: *Per os*.

Il résulte de l'ensemble de ces données que :

1° *L'auréomycine exerce des effets virulicides anti-aphteux in vitro*, et que,

2° *administrée soit par voie sous-cutanée, soit* per os, *elle prévient l'infection locale* (3) *dans un pourcentage des cas oscillant, selon les doses et la voie d'administration, entre* 40 *et* 100.

Toxicité. — L'auréomycine, utilisée en injection sous-cutanée ou par voie buccale, se révèle particulièrement toxique pour le Cobaye, même parfois à la dose de 50 mg/kg. La mort de l'animal survient entre le quatrième et le neuvième jour.

II. VIRUS APHTEUX NEUROTROPE. — Le virus aphteux neurotrope se comporte-t-il comme celui de la fièvre aphteuse dermotrope?

1° *Action virulicide in vitro.* — Une émulsion d'encéphale virulent de souris (10^{-1}) est additionnée de 10^{mg} d'auréomycine dans 1^{cm^3} d'eau physiologique et maintenue 1 heure à 37°. L'inoculation de ce mélange, dilué à 10^{-2}, à des souris, par voie transcrânienne, s'est révélée sans action dans 100 % des cas (mort des témoins le deuxième jour). Ayant pensé, cependant, que cet effet virulicide pouvait être attribuable à l'acidité de la solution d'auréomycine (pH 5,5), nous avons répété l'expérience en nous servant, comme milieu suspensionnel, soit de la solution de Tyrode, soit d'une solution tampon (pH 8,5). Or, dans ces conditions (pH du mélange : 7), aucun effet virulicide n'est apparu.

2° *Effets préventifs in vivo.* — Infection transcrânienne (10^{-4} à 10^{-5}); 15^{mg} d'auréomycine par animal (souris) et *per os* pendant trois jours (au total 45^{mg}). Nous n'avons enregistré que des échecs.

Il en ressort que l'*antibiotique n'est virulicide ni dans le tube à essais, ni dans l'organisme vivant à l'égard du virus aphteux neurotrope.*

MICROBIOLOGIE. — *Mise en œuvre d'un complexe, composé, d'une part, d'un antigène, de teintures de tolu, d'isobornéol, et, d'autre part, d'un électrolyte, pour la révélation, par la floculation, des réagines et des anticorps.* Note (*) de M. **LÉONCE SAINT-PRIX**, transmise par M. Gaston Ramon.

L'aspect des suspensions obtenues à partir de teinture camphrée et de solutions salines ou d'eau nous avait incité à l'étude de leur comportement à l'égard des sérums de syphilitiques. A la suite d'essais infructueux, des expériences ont, alors, été poursuivies vers le même but, en associant *le camphre* au tolu et à l'extrait de cœur. L' « antigène » ainsi obtenu s'est révélé plus sensible du fait de l'addition de ce corps. Mais, la variation de cette sensibilité avec les échantillons de *camphre synthétique* expérimentés nous a conduit (1) à émettre l'hypothèse que son activité sérologique devait dépendre de la présence, dans

---

(3) Cette action virulicide empêche également la généralisation du virus dans le sang.

(*) Séance du 13 mars 1950.

(1) L. SAINT-PRIX et S. MUTERMILCH, *Ann. Inst. Past.*, 1949.

cette substance, de traces de corps formés au cours des différents stades de sa fabrication. Nous nous sommes, dès lors, adressé au camphène (hydrocarbure) et à *l'isobornéol* (alcool secondaire); l'hypothèse s'est trouvée vérifiée. Une réaction de floculation pour le diagnostic de la syphilis, spécifique et très sensible, a été mise au point. L' « antigène » comprend un mélange d'extrait de cœur, de teintures de tolu et d'isobornéol et présente l'avantage d'être applicable aussi bien à l'examen du sérum que du liquide céphalo-rachidien (²) :

2 000 sérums ont été examinés par cette nouvelle réaction (le pourcentage des réactions présumées non spécifiques a été inférieur à 1 %); de même, l'examen de 300 liquides céphalo-rachidiens a fourni des résultats plus sensibles que d'autres méthodes couramment employées.

Supposant que l'extrait de cœur, dans le mécanisme de la réaction syphilitique, pouvait être comparé à un antigène spécifique, l'idée nous est venue de remplacer l'extrait de cœur par des antigènes naturels, d'origine microbienne, pour la mise au point de réactions comparables dans d'autres infections.

Dans une première tentative, l'antigène méthylique de Boquet et Nègre a remplacé l'extrait de cœur. La floculation obtenue avec un tel réactif mis en présence de sérums de tuberculeux en période d'évolution aiguë et l'absence de floculation pour les sérums provenant de personnes présumées saines, nous ont amené à rechercher et à préciser les proportions convenables des éléments du réactif pour une réaction spécifique et sensible. Cette réaction s'est révélée apte à déceler l'activité *actuelle* de la maladie tuberculeuse, tant dans le sérum que dans le liquide céphalo-rachidien (³) :

590 sérums examinés par cette méthode, dont 468 appartenant à des sujets sûrement *indemnes de tuberculose évolutive, n'ont pas donné* de réaction, 48 provenant de sujets présentant une *tuberculose évolutive ont fourni une réaction positive*, et 74 provenant de sujets ayant présenté, *autrefois*, une tuberculose évolutive, actuellement *stabilisée ou guérie, n'ont pas donné de réaction.* L'examen de 200 liquides céphalo-rachidiens a fourni des résultats jugés intéressants dans les affections neurologiques et mentales d'étiologie encore inexpliquée.

Dans une autre tentative, l'extrait glucido lipido-polypeptidique de l'Institut Pasteur a remplacé l'antigène méthylique. Cette réaction s'est aussi montrée sensible et spécifique (⁴). Sur 279 sérums de consultants de services d'urologie examinés par cette méthode, 248 sérums provenant de personnes, soit saines, soit atteintes d'affections autres que la gonococcie, soit atteintes de gonococcie aiguë, en deçà du 8ᵉ jour d'incubation *n'ont pas présenté de réaction*; tandis

---

(²) L. SAINT-PRIX et S. MUTERMILCH, *Ann. Inst. Past*, 1950 et *Ann. Biol. Clin.* (sous presse).

(³) L. SAINT-PRIX, *Ann. Inst. Past.* (sous presse) et *Ann. Biol. Clin.* (sous presse).

(⁴) L. SAINT-PRIX, *Ann. Inst. Past.* (sous presse) et *Ann. Biol. Clin.* (sous presse).

que 31 sérums ont fourni des *résultats positifs*, bactériologiquement ou cliniquement confirmés.

Il apparaît, donc, que :

1° Le sérum d'un malade atteint d'une infection donnée ou renfermant des réagines spécifiques flocule en présence d'un réactif composé, d'une part, de l'antigène spécifique, de teinture de tolu, d'isobornéol, et, d'autre part, d'un électrolyte (solution de ClNa à 2 %).

2° Il semble exister une analogie entre l'action de l'extrait de cœur et celle des antigènes méthylique tuberculeux et gonococcique.

3° Le mécanisme de l'action de l'isobornéol s'avère d'autant plus complexe que nombreux sont les phénomènes de différents ordres présidant à son édification.

Il n'est pas invraisemblable d'admettre que ce mécanisme est voisin de celui invoqué par Landsteiner et van Der Scheer à propos du rôle du noyau benzénique, capable de conférer le pouvoir antigène à des substances qui en sont dénuées. Ce noyau interviendrait aussi pour augmenter la sensibilité des antigènes.

La théorie de l'orientation des groupes polaires mérite aussi d'être évoquée, si l'on considère le simple phénomène du mouvement giratoire décrit sur la surface de l'eau par le camphre dont la structure moléculaire s'apparente à celle de l'isobornéol.

MICROBIOLOGIE. — *Bactériostase et bactériolyse de bactéries dites phago-résistantes par des lysats bactériophagiques riches en produits bactériens.* Note de M. **Robert Wahl** et Mme **Jacqueline Josse-Goichot**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons constaté que des lysats bactériophagiques de certaines souches de *Str. lactis* étaient capables, dans des conditions définies, mais différentes de la bactériophagie normale, d'exercer une action bactériostatique et bactériolytique sur des bactéries résistantes au phage correspondant. Les premières expériences ont été faites sur une souche isolée à partir de mutants de la souche B_2, résistants au phage 8 L [souche B_{2r} (8 L)]. Disons d'emblée que cette souche a gardé après de très nombreux repiquages sa résistance et les propriétés étudiées dans cette Note : la mutation est parfaitement stable.

Préparation des lysats actifs sur les bactéries résistantes. — Dans un premier temps, on prépare un lysat (n° 1) dans les conditions habituelles : ensemencement d'environ 4.10^6 bactéries et 10^{-3} phages par centimètre cube en eau peptonée glucosée; après la lyse (qui survient après 2 heures et demie) filtration sur bougie L_3. Le titre est environ 8.10^8 phages par centimètre cube.

Dans ce lysat, la souche B_{2r} (8L) pousse normalement. Dans un deuxième temps, on divise le lysat n° 1 en plusieurs portions égales. Dans chacune on fait lyser une quantité différente de bactéries (de $2,4.10^4$ à $4,2.10^6$ par centimètre cube). On obtient ainsi une série de nouveaux lysats (lysats $8L/B_2$) plus ou moins riches en produits bactériens (lysats n° 2 à 7). Les souches de *Str. lactis* naturellement résistantes au phage 8L poussent dans ces lysats comme dans un milieu neuf. Il n'y a donc ni épuisement du milieu, ni intervention de substances antibactériennes du type décrit par Besredka dans les vieilles cultures. Par contre de tels lysats peuvent inhiber ou lyser la souche B_{2r}(8L). L'effet du lysat varie avec le nombre de bactéries sensibles introduites dans le second temps de sa préparation. Si ce nombre est faible (lysats 2 et 3), l'action est nulle; s'il est plus grand, le lysat (lysats 4 et 5) est bactériostatique; s'il est encore plus grand (lysats 6 et 7), il y a bactériolyse partielle (lysat 6), puis totale (lysat 7). Les mêmes phénomènes s'observent si on ensemence dans le lysat n° 1 les bactéries de la souche B_{2r} (8L) en même temps que les bactéries sensibles ou à des temps quelconques après leur introduction.

Conditions respectives de la bactériostase et de la bactériolyse. — La *bactériostase* de la souche B_{2r} (8L) n'est pas due aux phages, mais à un facteur bactériostatique (F. B.) dont la concentration dans les lysats est d'autant plus élevée qu'un plus grand nombre de bactéries sensibles y ont été lysées. En effet nous avons pu adsorber sur des bactéries sensibles tuées par le merthiolate la totalité des phages des lysats bactériolytiques. Après avoir vérifié que d'autres souches de Str. lactis se multipliaient bien dans les lysats ainsi traités, nous avons constaté que ceux-ci sont bactériostatiques pour la souche B_{2r} (8L), mais ne la lysent plus; si la concentration en F. B. est suffisante, la bactériostase est totale et définitive. Mais les bactéries restent viables, donnant sur gélose le même nombre de colonies. Ce nombre décroît ensuite comme dans toute suspension de bactéries laissées à l'étuve. Il n'y a donc pas d'effet bactéricide.

La *bactériolyse* exige l'association du F. B. et des phages. Tous deux doivent être en concentration d'autant plus élevée qu'il y a plus de bactéries à lyser. En effet le lysat doit être suffisamment riche en produits bactériens (*voir* plus haut) et les phages doivent être au moins trois fois plus nombreux que les bactéries. Un lysat filtré sur bougie à pH 6,8 (pH normal des lysats) perd à la fois les pouvoirs bactériostatique et bactériolytique, bien que contenant suffisamment de phages; et nous venons de voir qu'un lysat débarrassé de phages conserve son F. B. et ne produit plus de bactériolyse. Par contre, le même lysat dont le pH a été ajusté à 7,6 par du carbonate de sodium conserve après filtration son pouvoir bactériolytique. Si l'on adsorbe ses phages sur des bactéries tuées, son pouvoir bactériostatique se révèle. Nous n'avons pas réussi jusqu'ici à obtenir la lyse en ajoutant une nouvelle quantité

de phages à un lysat débarrassé de phages. Notons que les lysats filtrés à pH 7,6 produisent une bactériolyse totale, si les concentrations en F. B. et en phages sont suffisantes; mais que les mêmes lysats non filtrés laissent un reliquat de 1 % environ de bactéries non lysées. Chez celles-ci le caractère réfractaire à la lyse par les lysats riches en produits bactériens paraît héréditaire.

Les phages se fixent sur la souche B_{2r}(8 L) quel que soit le nombre de bactéries sensibles utilisées pour préparer le lysat, que celui-ci soit filtré ou non et quel que soit le mode de filtration. La fixation est rapide (1/4 d'heure environ) et porte sur 81 à 99,8 % des phages. A l'inverse de la fixation sur les bactéries sensibles, elle est réversible. Si l'on se trouve dans les conditions de la lyse, celle-ci survient environ 2 heures et quart après la fixation. La souche B_{2r}(8 L) est incapable de multiplier le phage comme l'ont démontré des expériences nombreuses et variées, en particulier 116 essais, par la méthode du *burst size* de Delbruck.

Discussion et conclusions. — D'Hérelle, Sertic et Boulgakov [1] ont décrit des cas d'inhibition de bactéries résistantes par des lysats bactériophagiques et ont supposé l'existence de *lysines* produites par les phages. Cette interprétation n'est pas valable ici. Nous avons observé une lyse de bactéries résistantes, précédée de fixation du phage, mais sans multiplication de celui-ci; un facteur bactériostatique est un intermédiaire nécessaire. On voit également que la notion de mutants dits phago-résistants doit être désormais précisée; sur certains le phage n'a aucune action, sur d'autres le phage peut se multiplier, à condition de réaliser sa fixation [lyse par entraînement [2]], enfin, une troisième catégorie (étudiée ici) peut fixer le phage, est lysable dans certaines conditions, mais a perdu la faculté de le multiplier.

La séance est levée à 16h30m.

R. C.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **108**, 1931, p. 948 et **132**, 1939, p. 442.

(2) *Ann. Inst. Pasteur*, **76**, 1949, p. 43.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 5 décembre 1949.)

Note présentée le 28 novembre 1949, de M. *Paul Delerue*, Note sur une formule opératoire nouvelle en calcul symbolique :

Page 1197, 18e ligne, *au lieu de* $J_{0,-\frac{1}{l},\ldots,-\left(1-\frac{1}{r}\right)}$, *lire* $J_{0,-\frac{1}{r},\ldots,-\left(1-\frac{1}{r}\right)}$.

» » 21e ligne, *au lieu de*

$$A = \frac{\Gamma(kr)}{\Gamma(k)\Gamma\left(k+\frac{1}{r}\right)\ldots\Gamma\left(k+1-\frac{n}{r}\right)},$$

lire

$$A = \frac{r\Gamma(kr)}{\Gamma(k)\Gamma\left(k+\frac{1}{r}\right)\ldots\Gamma\left(k+1-\frac{n}{r}\right)}.$$

Page 1198, 12e ligne, dans l'image symbolique, *au lieu de* $J_{\frac{1}{r},\frac{2}{r},\ldots,\frac{r-1}{2r},1}$, *lire* $J_{\frac{1}{r},\frac{2}{r},\ldots,\frac{r-1}{r},1}$.

Page 1198. *Application aux équations intégrales*, *au lieu de* $J_{\frac{1}{2r},\frac{2}{2r},\ldots,\frac{2r-1}{2r}}$, *lire* $J_{\frac{1}{2r},\frac{2}{2r},\ldots,\frac{2r-1}{2r},1}$.

Note présentée le même jour, de M. *Alexandre Laforgue*, Variation des intégrales coulombiennes de la méthode des orbites moléculaires sous l'effet de la valence libre :

Page 1235, 7e ligne, *au lieu de* qu'on peut encore, *lire* qu'on ne peut.

» » 11e à 15e lignes (tableau), *multiplier* les valeurs de ζ par 10.

» » 16e ligne, *au lieu de* $\bar{\zeta} = -0,08$ est en bon accord, *lire* $\bar{\zeta} = -0,08$ est dix fois supérieure à.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 MARS 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Celestino Da Costa**, Professeur à la Faculté de médecine de l'Université de Lisbonne, et aux Membres étrangers du Colloque international des Constantes fondamentales de l'Astronomie : Sir **Harold Spencer Jones**, Correspondant de l'Académie, Directeur de l'Observatoire Royal de Greenwich, **Donald Sadler**, de cet Observatoire, **Harold Jeffreys**, de l'Université de Cambridge, **August Kopff**, de l'Observatoire de Heidelberg, **Gerald Clemence** et **Herbert Morgan**, de l'Observatoire Naval des États-Unis, **Dirk Brouwer**, de l'Observatoire de l'Université Yale, **Jan Oort**, de l'Observatoire de Leyde, **Victor Ambartsoumian**, Président de l'Académie des Sciences d'Arménie, **Constantin Koulikov**, Vice-président du Conseil astronomique de l'U. R. S. S., **Mitrofan Zverev**, de l'Observatoire de Moscou, **André Nemiro**, de l'Observatoire de Poulkovo, **Grigori Batrouchevitch**, Conseil astronomique de l'Académie des Sciences de Moscou, qui assistent à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes différentiels à solution périodique lentement variable.* Note de M. **Jules Haag**.

Extension d'une théorie antérieure concernant un système à solution périodique stable. On suppose ici que les fonctions périodiques définissant le système sont lentement variables. On obtient approximativement la solution générale par des quadratures, comme dans le cas des fonctions rigoureusement périodiques. Application aux oscillateurs perturbés par des forces à variation lente.

1. Soient m fonctions $f_i(x, t, \theta)$ des m variables x_j, de la variable indépendante t et du paramètre θ. Elles admettent la période T par rapport à t. Elles peuvent subir des discontinuités [1] de module borné, lorsque t traverse la

[1] Les démonstrations sont beaucoup plus simples quand ces discontinuités n'existent pas. Malheureusement, elles sont inévitables dans certaines applications mécaniques (frottement constant, échappement, etc.).

valeur prise par l'une ou l'autre des p fonctions $H_s(x)$, lesquelles sont indépendantes de t et de θ. Les dérivées premières et secondes des f_i et des H_s par rapport aux x_j sont continues et de module borné. Les dérivées premières des f_i par rapport à θ sont continues, ont un module $< \varepsilon$ et vérifient une condition de Lipschitz dont les coefficients valent $O(\varepsilon)$. Les nombres T, ε et toutes les bornes dont il vient d'être question sont indépendants de θ.

2. Considérons les deux systèmes

$$\frac{dx_i}{dt} = \lambda f_i(x, t, t), \tag{1}$$

$$\frac{dy_i}{dt} = \lambda f_i(y, t, \theta) \qquad (\theta = \text{const.}), \tag{2}$$

où λ désigne un facteur constant positif arbitrairement petit. Considérons les équations

$$\int_0^T f_i(y, t, \theta) = 0, \tag{3}$$

les y et θ étant supposés constants sous le signe $\int$. Elles déterminent m fonctions $y_i = Q_i(\theta)$. J'ai démontré (²) que si λ est assez petit et si les $a_i = y_i(0)$ sont assez voisins des $Q_i(\theta)$, la solution de (2) tend asymptotiquement vers une solution périodique, sous réserve que les racines r_i d'une certaine équation caractéristique aient toutes leur partie réelle $r'_i < 0$. Supposons que cette condition soit remplie quel que soit θ et que les r'_i soient toutes $< -\rho$, ρ étant une constante indépendante de θ.

3. Supposons $\theta = 0$ et considérons deux solutions des systèmes (1) et (2) correspondant aux mêmes données initiales a_i. Les différences $z_i = x_i - y_i$ valent $O(\lambda\varepsilon)$ pour $0 < t < T$.

Appelons $Y_i(t)$ la solution périodique du système (2) et α_i les données initiales correspondantes. Si $|a_i - \alpha_i| < V$, les différences $Z_i = y_i - Y_i$ ont un module $< kV$, pour $t = T$. D'où l'on déduit

$$|x_i(T) - Y_i(T)| < kV + O(\lambda\varepsilon).$$

Ceci est valable quel que soit θ pour $\theta < t < \theta + T$. Dans ce cas, les α_i sont des fonctions de θ, dont les dérivées premières sont continues et bornées par $O(\varepsilon)$.

En utilisant les propriétés précédentes et supposant $\varepsilon = O(\lambda)$, on peut écrire

$$x_i(t) = Q_i(t) + O(\lambda), \tag{4}$$

quel que soit t s'il en est ainsi pour $t = 0$ et pour t suffisamment grand si les $x_i(0)$

(²) *Bull. Sc. math.*, 71, 2ᵉ série, novembre 1947.

sont quelconques, quoique assez voisins des $Q_i(0)$ pour faire partie du domaine de stabilité de la solution périodique du système (2) pour $\theta = 0$.

4. Ceci constitue une extension de la théorie antérieurement établie, laquelle a servi de base à ma théorie générale de la synchronisation des systèmes oscillants linéaires ([3]). La présente extension permet d'étudier le mouvement d'un tel système, quand il est soumis à de petites forces perturbatrices lentement variables, comme c'est par exemple le cas pour le balancier d'une montre dont le ressort de barillet se désarme progressivement entre deux remontages. On peut aussi envisager le cas d'un oscillateur soumis à une force synchronisante dont l'amplitude varie lentement, ou bien à deux forces synchronisantes de fréquences voisines. Et il existe probablement beaucoup d'autres applications.

ASTRONOMIE. — *Généralisation de la théorie des planètes jumelles.*

Note de MM. **Henri Camichel** et **Alexandre Dauvillier**.

Soulignant l'analogie existant dans la distribution des masses des planètes et des satellites de Saturne (Titan, satellite géant, jouant le rôle de Jupiter, planète géante), les auteurs montrent que la discontinuité séparant les planètes géantes des planètes denses est due à une cause thermique, attribuée à la réunion de corps célestes jumeaux, étoiles et planètes, et rétablissent ainsi une symétrie complète entre la genèse des planètes et celle des satellites normaux. Les systèmes planétaires sont, par conséquent, issus de couples serrés d'étoiles doubles fusionnant en une étoile unique.

La théorie des planètes jumelles ([1]) postule que les familles de satellites normaux, distribués selon une loi exponentielle de distance, sont issues des forces de marée s'étant manifestées lors de la rencontre de deux planètes jumelles, comme les planètes sont issues des forces engendrées par le passage d'une étoile troublante à proximité du Soleil.

On sait que les planètes se classent en deux groupes absolument distincts séparés par une discontinuité apparaissant pour Jupiter. Si l'on prend pour la distance de Mercure au Soleil, sa distance aphélie, au lieu de sa distance moyenne, on obtient deux lois exponentielles distinctes de distance, confirmant l'existence d'une discontinuité dans le mode de genèse des planètes.

Japet semblant être un satellite normal faisant suite à Titan, il existerait, de même, dans le groupe des satellites de Saturne, deux lois exponentielles de distance, avec une ou deux places vides entre Rhéa et Titan. Si l'on admet que la matière solaire est homogène dans l'épaisseur intéressée par le phénomène et que la cause mécanique qui a extrait les couples de planètes a libéré des masses de matière solaire du même ordre de grandeur dans les deux groupes

(3) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, (3), 64, p. 285-338.

(1) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 786; *Physique Cosmique*, 1, Paris, 1947.

planétaires, la discontinuité de masse et de nature résulte du fait que la température est devenue brusquement plus élevée après la naissance des planètes géantes, par suite de l'union des deux étoiles jumelles. La discontinuité de masse observée dans le système de Saturne aura la même cause.

Les planètes géantes actuelles représentent la matière solaire intégrale, c'est-à-dire qu'elles doivent renfermer un minuscule (quelques centièmes) noyau central d'éléments lourds (ferro-nickel et silicates). Les planètes denses, ayant été extraites, après le choc, à une température plus élevée, ont perdu presque tous leurs éléments légers et sont réduites au noyau dense des grosses planètes.

Cette profonde analogie entre planètes et satellites exige que ces corps célestes aient été engendrés par des processus analogues et oblige à généraliser la notion de planètes jumelles en l'étendant à celle d'étoiles jumelles.

Si l'on considère deux binaires serrées du type solaire se rapprochant selon une trajectoire spiralée, dans une nébulosité constituant un milieu résistant, les forces de marée provoqueront, à un certain moment, l'expulsion brusque de deux masses matérielles aux extrémités tournantes du système. Ce phénomène amorcera une oscillation qui s'amortira rapidement, par suite de la viscosité du gaz parfait stellaire, et l'on conçoit que cette oscillation s'est amortie selon une loi exponentielle se traduisant par la règle de Bode.

Les planètes géantes seront expulsées durant ce stade initial. Après la jonction des binaires, les planètes jumelles seront engendrées à une température plus élevée et donneront naissance au second groupe des planètes denses, durant l'oscillation résiduelle du Soleil unique résultant. Cette élévation subite de température rend compte, en outre, de la faiblesse des masses de Mars et de la planète d'Olbers.

La masse de matière solaire extraite étant au moins double de celle du système planétaire actuel, on rend compte ainsi de la faible vitesse de rotation du Soleil, bien que la période de rotation du système binaire initial ait été de l'ordre de quelques heures. Par contre, le faible éloignement relatif des satellites normaux des grosses planètes fait que leur naissance n'a emprunté qu'une quantité de mouvement négligeable aux planètes jumelles géantes, dont la courte période de rotation est demeurée presque inchangée.

Les jumelles des géantes ont pu fusionner déjà refroidies, bien qu'encore gazeuses, mais leur union a, nécessairement, provoqué une brusque élévation de température rendant compte, dans le système de Saturne, de l'absence d'un ou deux petits satellites à la suite de Rhéa. Ceux-ci, ayant été émis durant le maximum de température, leur faible masse n'a pu prévenir leur totale évaporation. Les satellites normaux étant empruntés aux parties superficielles des grosses planètes sont, en effet, totalement dépourvus de noyau dense.

La petitesse relative des masses des autres satellites de Saturne est due à cet effet thermique et à la naissance antérieure de Titan, qui a absorbé la plus grande partie de l'énergie d'oscillation du système.

Le fait que Jupiter et Uranus ne possèdent que des familles homogènes de quatre satellites normaux, correspondant au groupe des planètes denses, signifie que leurs jumelles se sont abordées différemment que dans le cas de Saturne.

La théorie des planètes jumelles nous conduit ainsi à la conclusion que le Soleil résulte de l'union d'un couple stellaire et que les systèmes planétaires doivent être nombreux.

Ces considérations seront prochainement développées et précisées numériquement dans un autre Recueil.

GÉOPHYSIQUE. — *Le spectre du ciel nocturne dans le jaune et dans le rouge, de 5800 à 6900 Å.* Note de MM. **Jean Cabannes, Jean Dufay** et **Maurice Dufay.**

Les auteurs ont pu observer dans le ciel nocturne une vingtaine de radiations nouvelles grâce au nouveau spectrographe construit par J. Cojan. Ces radiations, qui sont émises par la molécule OH, font partie du système de vibration-rotation découvert par A. B. Meinel dans le rayonnement infrarouge du ciel.

1. Le spectre de la lumière du ciel nocturne était encore très mal connu dans le jaune et dans le rouge. On savait depuis longtemps qu'en plus des fortes raies 6300-6364 Å de l'oxygène et du doublet 5893 Å du sodium la haute atmosphère émet dans cette région spectrale un assez grand nombre de radiations plus faibles. Mais les spectrographes n'avaient pas un pouvoir de résolution suffisant et les longueurs d'onde publiées par plusieurs auteurs étaient trop imprécises et trop peu concordantes pour permettre une identification valable. Une certaine analogie entre le spectre du ciel nocturne et celui des aurores polaires avait pu faire considérer comme très probable la présence de bandes du premier système positif de l'azote (1).

2. Au mois d'août dernier nous avons repris l'étude de la région 5800-6900 Å au moyen du nouveau spectrographe très ouvert construit par J. Cojan (2). L'appareil dispersif est constitué par deux prismes de flint dense de 50° (hauteur : 240mm). Ces prismes sont associés à un collimateur ouvert à F/5,6 (longueur focale : 1350mm) et un objectif ouvert à F/0,65 (longueur focale : 160mm). Il a été très difficile d'obtenir un bon recuit des prismes, mais l'instrument donne actuellement des images spectrales parfaitement nettes; si la fente est assez fine, le pouvoir de résolution n'est limité que par la granulation de la plaque photographique.

(1) P. Swings, *The Spectra of the Night Sky and the Aurora*, dans *The Atmosphere of the Planets*, University of Chicago Press, Chicago, 1949.

(2) *Annales d'Astrophysique*, 10, 1947, p. 33.

La dispersion linéaire passe de 296 à 386 et à 488 Å/mm lorsque la longueur d'onde croît de 6000 à 6500 et à 7000 Å.

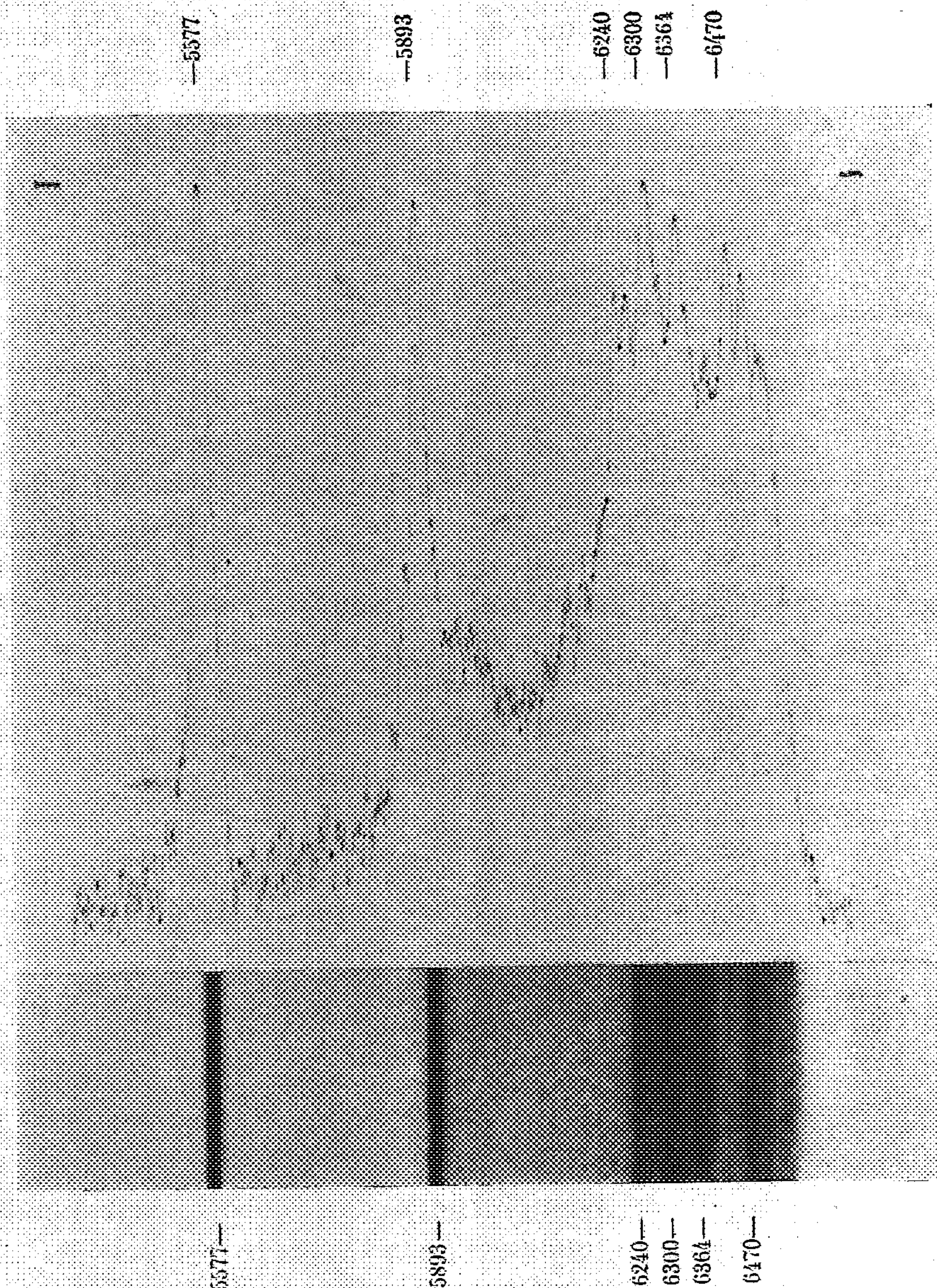
3. En visant au-dessus de l'horizon Nord-Ouest à des hauteurs comprises entre 10 et 40° nous avons photographié régulièrement à l'Observatoire de Haute-Provence d'août à janvier un spectre de composition invariable ([3]). Les poses duraient de 4 à 20 heures, sur plaques Eastman 103 *a* E pour la région spectrale 5560-6560 Å et sur plaques 103 *a* F au delà de 6600. L'intensité des nouvelles radiations change d'une nuit à l'autre et suit probablement une évolution saisonnière analogue à celle des raies rouges de l'oxygène : elle était beaucoup plus grande en novembre qu'en août et septembre et elle a diminué très sensiblement en décembre et surtout en janvier.

La première colonne du tableau ci-après donne les longueurs d'onde des radiations, mesurées au microscope et au microphotomètre enregistreur par rapport aux raies du néon. L'incertitude est en général de ± 1 Å; elle paraît un peu plus petite dans le cas des radiations les plus intenses et les mieux définies, pour lesquelles nous donnons une décimale; elle est au contraire un peu plus grande dans le cas des radiations faibles ou diffuses, marquées du signe ±. La deuxième colonne donne une idée des intensités relatives des radiations observées dans le ciel.

5870	2	5872,4	R(2)	[8,2]
		5872,5	R(3)	»
		5875,0	R(1)	»
5893,1	40	sodium NaI		
5917±	2	5917,1	P(2)	»
5932	3	5935,3	P(3)	»
5955	3	5956,7	P(4)	»
5979	2	5981,4	P(5)	»
6005±	1	6009,4	P(6)	»
6146,0	5	6140,6	R(4)	[5,0]
		6141,0	R(3)	»
		6144,8	R(2)	»
6174,3	5	6172,9	Q(1)	»
		6178,4	Q(2)	»
6203	3	6201,5	P(2)	»
6240,3	15	6238,6	R(2)	[9,3]
		6239,4	R(3)	»
		6241,4	R(1)	»
6262	15	6260,4	Q(1)	[9,3]
		6267,2	Q(2)	»
6300,3	100	oxygène OI		
6328	7	6329,8	P(4)	»
6363,8	30	oxygène OI		
6385±	6	6388,2	P(6)	»
6421±	6	6427,2	P(7)	»
6469,5	25	6469,6	R(3)	[6,1]
		6469,8	R(4)	»
		6472,5	R(2)	»
6502,2	20	6502,6	Q(1)	»
6533±	10	6533,1	P(2)	»
6554±	10	6554,7	P(3)	»
6835	30(?)	6836,2	R(3)	[7,2]
		6837,0	R(4)	»
		6838,8	R(2)	»
6865±	30(?)	6870,2	Q(1)	»

([3]) En une seule occassion, le 26 août 1949, nous avons observé en outre la raie Hα, mais sur une partie seulement de l'image de la fente. Elle provenait peut-être de l'émission galactique de la région du Cygne qui passait longuement dans le champ d'observation au cours de cette pose.

4. Ce spectre ne rappelle en rien le premier système positif de la molécule d'azote. Il présente des analogies de structure évidentes avec le spectre du ciel



Spectre du ciel nocturne de 5577 à 6554 Å.

dans le proche infrarouge étudié par Meinel (4) et par l'un de nous (5). Or Meinel a tout récemment découvert (6) que la plupart des radiations observées entre

(4) *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 60, 1948, p. 373.
(5) J. Dufay, *Annales de Géophysique*, 5, 1949, p. 183.
(6) Communication privée de l'Auteur.

7200 et 8850 Å faisaient partie du système de bandes de vibration-rotation de la molécule OH. Les radiations nouvelles de la région 5800-6600 Å appartiennent certainement au même système; mais, pour retrouver l'ensemble des fréquences mesurées dans le rouge et l'infrarouge, nous avons dû compléter par des termes en v^3 et en v^4 la formule qui représente les niveaux de vibration de la molécule OH; nous avons admis la formule provisoire

$$\nu_0 = 3551,2\,v - 82,6\,v^2 + 0,173\,v^3 - 0,016\,v^4.$$

Les longueurs d'onde ainsi calculées sont inscrites dans la troisième colonne du tableau et coïncident bien avec les valeurs observées, dans la limite des erreurs de mesure. On voit que toutes les radiations reçoivent une interprétation satisfaisante. *En dehors des raies du sodium et de l'oxygène, l'émission de la haute atmosphère entre* 5800 6900 Å *doit être attribuée dans son ensemble à la molécule* OH.

Les bandes sont caractérisées : 1° par un premier maximum près de l'arête de la branche R, au voisinage des raies R (2) ou (3); 2° par un second maximum d'intensité comparable correspondant sensiblement à la première raie de rotation de la branche Q; 3° par l'étalement de la branche P. Dans les cas les plus favorables les diverses raies de rotation de la branche P ([7]) peuvent être identifiées de P(2) à P(6). La répartition de leurs intensités permet de déterminer l'ordre de grandeur de la température de rotation qui est comprise entre 150 et 250°K.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Comportement de l'*Aspergillus Niger *en présence de composés de la famille du platine.* Note de M. **Marcel Delépine**.

Les combinaisons de l'iridium ne sont pas toxiques pour l'*Aspergillus Niger*, même au taux de 1/100 de chloroiridite de sodium. Celles du rhodium ne le sont pas non plus. Avec le platine, le palladium, le ruthénium, la nature du complexe intervient pour modifier la toxicité. Le seul composé d'osmium essayé n'a pas permis de culture.

Au cours des multiples manipulations de composés d'iridium, plus exactement de complexes d'iridium, auxquelles je me livre depuis des années, j'ai observé bien des fois que des filaments de moisissures prenaient naissance dans leurs solutions. Le fait s'est répété au point que dans l'article *Iridium*, paru en 1931, dans le *Traité de Chimie minérale* de Pascal (t. 11, p. 455), je l'ai signalé en ces termes : « l'auteur a eu fréquemment l'occasion de voir se développer des moisissures dans des préparations de complexes d'iridium

([7]) L'observation des branches Q et P de la bande (7, 2) est gênée par la bande atmosphérique B (6867 Å) de O_2 qui est marquée en absorption.

oxalatés, sulfatés ou pyridinés, ce qui prouve que, vis-à-vis de ces organismes, l'action antiseptique est certainement très faible ».

Ayant vu depuis lors la constance de ce phénomène, il m'a semblé qu'il serait bon d'en voir l'étendue et par la même occasion, de jeter un coup d'œil sur les autres métaux de la famille du platine.

A cet égard, sauf erreur, les données sont rares. Dans sa Thèse célèbre sur l'*Aspergillus niger*, où il a montré la nocivité extraordinaire du nitrate d'argent (à partir de 1/1 600 000 du liquide de culture), puis celle du chlorure mercurique (à partir de 1/512 000), Raulin a essayé aussi le bichlorure de platine. Celui-ci s'est révélé moins nocif; à 1/8 000, il ne pousse rien, mais à 1/16 000 la culture se développe passablement ($0^g,7$ de mycélium sec au lieu de $1^g,2$ dans des essais normaux avec 200^{cm^3} de son liquide).

J'ai trouvé aussi un travail de Mc Callan et F. Wilcoxon [1] *Sur l'action fongicide et le système périodique des éléments*, rapportant notamment que vis-à-vis de *Sclerotinia americana*, *Botrytis palmiæ*, *Uromyces caryophyllinus* et *Pestallozia stellata*, le chlorure de rhodium Cl_3Rh et celui d'iridium Cl_4Ir ne sont pas appréciablement toxiques, tandis que le chlorure de palladium Cl_2Pd et l'acide chloroplatinique $PtCl_6H_2, OH_2$ ne montrent qu'une faible toxicité. Par contre, le rouge de ruthénium $Ru_2(OH)_2Cl_4(NH_3)_7, 3OH_2$ et le tétroxyde d'osmium O_4Os sont très toxiques et, naturellement, trop chers pour un emploi fongicide.

Je me contenterai de rapporter ici des observations que je fis pour avoir une idée, fût-elle grossière, de l'action de quelques-uns des complexes que j'avais entre les mains. Dans mes expériences, étant données les premières constatations, je me suis contenté d'exposer à l'air du laboratoire des solutions variées dans des cristallisoirs ouverts et de noter, en compensant au besoin l'évaporation des liquides, au bout de combien de temps il y apparaissait des filaments mycéliens. Ce temps est variable, même très variable; il est certainement subordonné à l'absorption par la solution des vapeurs de l'atmosphère du laboratoire : ammoniaque, sels ammoniacaux et à la chute de poussières organiques qui apportent un petit appoint nutritif. Cette manière peu bactériologique ne change pas la conclusion; si le sel primordial était antiseptique, il ne naîtrait pas de mycélium du tout; s'il s'en développe, c'est qu'il ne gêne pas.

A la suite de ces observations, avec les précautions voulues, on prélevait ce mycélium généralement peu important pour le cultiver à 34° dans du milieu de Raulin. Il s'y est toujours développé, ce qui prouvait qu'il était vivant. M. André Sartory a bien voulu examiner plusieurs de ces cultures qui ont un aspect constant et a trouvé que la moisissure était de l'*Aspergillus niger* (*Sterigmatocystis nigra*); une fois, il y eut après coup du *Penicillium digitatum*.

Il fut alors fait, par Mlle Larèze, ma collaboratrice technique, un certain nombre de cultures, à 34°, sur du liquide de Raulin additionné des sels dont il

(1) *Contributions from Boyce Thompson Institute*, 6, 1934, p. 479.

paraissait intéressant de connaître au moins une concentration compatible avec la croissance de la moisissure.

Les résultats sont consignés dans les tableaux suivants où l'on trouve les formules des substances utilisées (abstraction faite de leur hydratation et sans leurs noms qui tiendraient trop de place), les concentrations des solutions exposées à l'air, leur ensemencement spontané mentionné par le signe + avec un nombre indiquant la durée en jours jusqu'à l'ensemencement bien visible; ensuite, la culture postérieure avec la concentration et le signe +, si elle a réussi. Les guillemets » signifient l'absence d'observation: le trait —, qu'il n'y a pas eu d'ensemencement ou de culture.

	Ensemencement sp. (jour).	Culture sur Raulin.	
Composés iridiés.			
$IrCl_6Na_3$	1/500 + 35	1/100	+
$IrCl_6K_3$	1/500 + 50	»	
$Ir^{IV}Cl_6K_2$	»	1/100	+
$IrCl_2(C_2O_4)_2K_3$ *cis*	»	1/200	+
$Ir(C_2O_4)_3K_3$	1/200 + 45	»	
Sel de strychnine	+	»	
$Ir(NO_2)_2(C_2O_4)_2Rb_3$	+ 10	»	
$Ir(CN)_6K_3$	1/200 + 13	»	
Alun $Ir(SO_4)_2Cs$	»	1/500	+
Sel de Lecoq de Boisbaudran	1/500 + 20	1/500	+
Sel vert (dit iridodisulfate) NH_4	1/500 + 20	»	
Sel vert pyridiné de NH_4	1/200 + 15	»	
$[IrPyCl_5]K_2$ et $(NH_4)_2$	1/200 + 27	»	
$[IrPy_2Cl_4]H$	1/ 50 +	»	
$[IrPy_2Cl_4]K$ *trans*-rouge.	1/500 + 60	»	
$[IrPy_2Cl_4](NH_4)$ »	1/200 + 16	»	
$[IrPy_2Cl_4]K$ *cis*-orangé	1/500 + 60	1/100	+
$[IrPy_2(C_2O_4)_2]K$ *cis*	1/200 + 60	»	
$[Ir(OH_2)Py_2Cl_3]$	+	»	
$Cl[IrPy_2(NH_3)_2Cl_2]$	1/200 + 20	»	
$Cl_2[IrPy_2(NH_3)_3Cl]$	1/200 + 80	»	
$Cl_2[IrPy_2(NH_3)_3(NH_2)]$	1/200 + 80	»	
$SO_4[Ir(OH_2)Py_3Cl_2]_2$	+	»	

	Ensemencement sp. (jour).	Culture sur Raulin.	
Composés rhodiés.			
$[RhCl_6]K_3$	1/200 + 30	»	
$[RhCl_6](NH_4)_3$	1/200 + 30	1/200	+
$Cl_2[Rh(NH_3)_5Cl]$	1/200 + 60	1/200	+
$[Rh(C_2O_4)_3]K_3$	1/200 + 50	»	
$[Rh(CN)_6]K_3$	1/200 + 45	»	
$[RhPy_2Cl_4]K$ *trans*-rouge.	1/200 + 60	»	
$[RhPy_2Cl_4]K$ *cis*-orangé	1/200 + 20	»	
$[Rh(NO_2)_6]Na_3$	»	1/1000	+
Composés platinés.			
$[PtCl_6]Na_2$ et $(NH_4)_2$	»	1/8000	+
$[Pt(CN)_4]Na_2$	1/500 + 22	1/500	+
$(NO_3)_2[PtPy_4]$	1/200 + 16	1/500	+
$Cl_2[PtPy_4]$	»	1/200	+
Composés palladiés.			
$[PdCl_4]K_2$	1/200 —	Altération	
$[Pd(CN)_4]K_2$	1/200 + 25	1/1000	faible
$Cl_2[Pd\ en_2]$	1/500 + 25	1/1000	+
Composés ruthéniés et osmiés.			
$[RuOHCl_5]K_2$	1/500	Altération	
$[Ru(NO)Cl_5]K_2$	»	1/200	+
$[Ru(CN)_6]K_4$	»	1/5000	mal.
Chlorure d'Os et NH_4	—	1/500	—

Ces tableaux montrent indubitablement que l'iridium, même sous sa forme la moins complexe de chloroiridite, est inoffensif pour l'*Aspergillus niger*; on peut obtenir des cultures aussi florissantes que sans iridium, avec 10^g de chloroiridite $IrCl_6Na_3$, $12OH_2$ par litre et ce complexe est un des moins dissimulés, etc. Pour le rhodium, cette indifférence est peut-être un peu moins accentuée.

Pour le platine, avec un complexe bien accusé, tel que le chlorure ou le nitrate platineux tétrapyridiné, on a eu des cultures avec 5 g/l, alors que le chloroplatinate est plus toxique, confirmant a peu près les résultats de Raulin. Nous avons vu que le nickel Raney ne décomposait pas le dérivé pyridiné, tandis qu'il détruisait presque instantanément le chloroplatinate.

Les composés du palladium donneraient sans doute une conclusion du même genre, mais avec une toxicité sensible.

Pour le ruthénium une culture a été possible avec le dérivé nitrosé si remarquable de Joly. L'expérience unique avec l'osmium a montré que le chlorosmite d'ammonium ne permettait pas de culture à 1/500.

J'ajouterai que M. Doncieux a bien voulu me faire une expérience avec du chloroiridite de sodium à 1/500 et même 1/250 vis-à-vis d'un staphylocoque et n'a observé aucune propriété bactériostatique, tout en contrôlant qu'avec l'argentocyanure de potassium à 1/1000 rien ne pousse et qu'avec 1/10 000 l'effet d'un gramme de ce complexe équivaut à 6^{mg} de pénicilline G.

Enfin Mlle Larèze a vu que la fermentation alcoolique n'est pas du tout gênée par 1/100 de chloroiridite de sodium, tandis qu'elle l'est par un chloroplatinate, etc.

L'iridium n'est donc pas toxique vis-à-vis de divers organismes végétaux inférieurs.

Il est évident qu'on pourrait multiplier les observations pour déterminer les rapports entre la dissimulation des métaux et leur activité physiologique dont quelques exemples sont rapportés dans cette Note.

BIOLOGIE. — *Sur l'hypothèse d'une intervention de processus piézo-électriques dans l'action nocive de la silice sur les tissus.* Note de M. **Albert Policard.**

On a soutenu que les minéraux aux capacités piézo-électriques élevées déterminaient, pour cette raison, dans les tissus les mêmes réactions fibreuses que les quartz. Or, la wulfénite, minéral de cette catégorie, n'amène que des réactions insignifiantes, ce qui contredit la conception piézo-électrique de la silicose.

L'action nocive des poussières de silice, si préoccupante au point de vue industriel, dépend de mécanismes biologiques encore très mal connus. On a invoqué plus spécialement le rôle de la dissolution de la silice, de l'échange d'ions avec le milieu tissulaire ou cellulaire ambiant, des processus d'adsorption, etc. Tous ces mécanismes, du reste, ne sont pas exclusifs les uns des autres et peuvent intervenir simultanément.

Récemment, on a envisagé la possibilité de l'intervention de phénomènes piézo-électriques. Velicogna (1) et Evans (2) ont soutenu une telle hypothèse.

(1) A. Velicogna, *Med. d. lavoro*, 37, 1946, p. 107.

(2) S. M. Evans et W. Zeit, *J. lab. a. clin. med.*, 34, 1949, p. 592.

En dehors des points de vue théoriques que j'ai discutés ailleurs ([3]) à la suite de Parmeggiani ([4]), Evans a apporté un argument de fait. Des minéraux de haute capacité piézo-électrique en raison du caractère asymétrique de leur molécule cristalline seraient, comme le quartz et pour la même raison, capables de provoquer de la fibrose collagène dans le tissu conjonctif. Tels seraient la wulfénite, la tourmaline, le titanate de baryum, la berlinite, etc. En injectant en particulier des poussières de wulfénite (molybdate de plomb naturel) dans le péritoine d'animaux, on obtiendrait des lésions semblables à celles que provoquent les poussières de quartz.

En raison de l'importance pratique de la question, j'ai été amené à répéter les expériences de Evans.

Des cristaux lamellaires, particulièrement purs et volumineux, de wulfénite, de Bleiberg (Carinthie), ont été isolés un à un. Par examen à la loupe, on s'est assuré qu'aucune partie du support siliceux de ces cristaux ne leur demeurait adhérente. Ces cristaux ont été broyés au mortier d'agate en particules de 2^{μ} au maximum. La poussière obtenue a été mise en suspension dans de l'eau physiologique. Cette suspension a été injectée aseptiquement à des rats, sous la peau ou dans le péritoine suivant la technique de Miller et Sayer ([5]). Les animaux ont été sacrifiés après des intervalles de temps allant de 8 jours à 3 mois. Des animaux témoins recevaient des poussières de quartz dans les mêmes conditions, à titre de comparaison.

Comme cela se produit avec toutes les poussières, même les plus inoffensives, on a observé dans la première semaine une réaction banale de corps étrangers. Dans le cas du quartz, la réaction s'est poursuivie, et a donné, dans les semaines qui ont suivi, les nodules silicotiques bien connus, avec centre nécrosé et intense réaction fibreuse péripérique. Dans le cas des poussières de wulfénite, la réaction initiale s'est très vite atténuée. Il n'a persisté qu'une réaction fibreuse d'enkystement insignifiante, celle qu'on observe avec les substances les plus inoffensives. Aucun nodule proprement dit n'a été constaté, qui puisse ressembler, même de loin, à la réaction amenée par les particules de quartz. Macroscopiquement, l'absence de toute réaction est nette. Les petits amas de particules sont visibles sous formes de ponctuations jaunâtres. L'examen histologique confirme l'absence de toute édification tissulaire importante autour des particules.

Les résultats si différents apportés par Evans sont peut-être explicables par l'entraînement de silice avec la wulfénite utilisée. L'erreur est facile du point de vue technique. Or, 10 à 20 % de silice avec la wulfénite suffisent pour que se manifeste la réaction proliférative silicotique.

([3]) A. Policard, *Arch. mal. prof.*, 10, 1949, p. 576.

([4]) L. Parmeggiani, *Med. d. lavoro*, 38, 1947, p. 115.

([5]) J. W. Miller et R. R. Sayers, *Public health reports U. S. A.*, 49, 1934, p. 80.

En tout cas, les résultats obtenus dans ces recherches montrent que les réactions provoquées par les poussières de wulfénite sont tont a fait différentes de celles amenées par le quartz. Elles sont du type *inerte* (Miller et Sayers) et non du type *prolifératif* comme avec le quartz. Ceci constitue une objection sérieuse à la conception qui fait dépendre les réactions fibreuses caractéristiques de la silicose des capacités piézo-électriques du quartz.

M. **Roger Heim** fait hommage à l'Académie des deux notices biographiques qu'il a récemment consacrées à la vie et à l'œuvre de René Maire, membre non résidant, et à Émile Boudier, Correspondant de l'Académie.

M. **Charles Laubry** fait hommage d'un *Aperçu historique* et de la traduction française d'un Ouvrage de Guillaume Harvey : *Étude anatomique du mouvement du cœur et du sang chez les animaux.*

Sir **Chandrasekhara Venkata Raman** fait hommage de deux Ouvrages : *Symposium of papers on the quantum theory of X-Ray reflection and the Raman reflections of X-Rays in crystals,* et *Symposium of papers on the structure and properties of diamond.*

MM. **Elias Melin** et **Gustavo Colonnetti** adressent à l'Académie une collection de leurs publications scientifiques.

DÉSIGNATIONS.

M. **Roger Heim** est désigné, en remplacement de M. **Louis Blaringhem** précédemment nommé et empêché, pour représenter l'Académie au VIIe Congrès international de Botanique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Léon Bertin. *Catalogue des types de Poissons du Muséum national d'histoire naturelle.* 1re, 2e et 3e Parties.

2° Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen. *Acta physiologica et pharmacologica neerlandica,* Volume I, n° 1.

3° Istituto di biologia marina. Venezia. *Nova Thalassia,* Vol. I, n°s 1, 3-6.

ALGÈBRE DES ENSEMBLES. — *Comportement des relations binaires dans une application multiforme.* Note de M. **Paul Dubreil**, présentée par M. Gaston Julia.

Considérons une application multiforme f d'un ensemble E *sur* un ensemble E′, et une relation $\mathcal{R}$ dans E. Définissons $\mathcal{R}'_0$ dans E′ par

$$x'\mathcal{R}'_0 y' \Leftrightarrow x\mathcal{R}y \quad \text{pour } \textit{tout} \quad x\in f^{-1}(x') \qquad \text{et } \textit{tout} \quad y\in f^{-1}(y').$$

Nous nous proposons de comparer $\mathcal{R}'_0$ à la relation $\mathcal{R}'_1$ déjà introduite (1) et d'étudier la *f-compatibilité* d'une relation $\mathcal{S}'$ de E′ avec $\mathcal{R}$.

1. *Pour que* $\mathcal{R}'_0$ *soit réflexive, il faut et il suffit que* $\mathcal{R}$ *contienne* $\mathcal{T}$ $(x\mathcal{T}y \Leftrightarrow f(x)\cap f(y)\neq \mathbf{0})$; cette condition implique la réflexivité de $\mathcal{R}$. Si $\mathcal{R}$ est *symétrique*, $\mathcal{R}'_0$ l'est aussi. *Si* $\mathcal{R}$ *est transitive,* $\mathcal{R}'_0$ *l'est aussi; si en outre* $\mathcal{R}$ *contient* $\mathcal{T}$, $\mathcal{R}'_0$ *contient* $\mathcal{T}'$. Soit en effet $x'\mathcal{T}'y'$, c'est-à-dire x' et $y'\in f(m)$; $x\in f^{-1}(x')$ et $y\in f^{-1}(y')$ entraînent $x\mathcal{T}m$, $m\mathcal{T}y$ d'où $x\mathcal{R}y$ puisque $\mathcal{T}^2\subseteq\mathcal{R}^2\subseteq\mathcal{R}$. D'où :

Théorème 1. — *Si* $\mathcal{R}$ *est une relation réflexive et transitive (ou si* $\mathcal{R}$ *est une équivalence), pour que* $\mathcal{R}'_0$ *ait la même propriété, il faut et il suffit que* $\mathcal{R}$ *contienne* $\mathcal{T}$, *et alors* $\mathcal{R}'_0$ *contient* $\mathcal{T}'$.

2. $\mathcal{R}$ sera dite *f-invariante* si $\mathcal{T}\mathcal{R}\subseteq\mathcal{R}$ et $\mathcal{R}\mathcal{T}\subseteq\mathcal{R}$, ce qui entraîne $\mathcal{T}\mathcal{R}=\mathcal{R}=\mathcal{R}\mathcal{T}$ ($\mathcal{R}$ et $\mathcal{T}$ sont donc *permutables*) puis $\mathcal{T}^n\mathcal{R}=\mathcal{R}=\mathcal{R}\mathcal{T}^n$ d'où $\mathcal{C}\mathcal{R}=\mathcal{R}=\mathcal{R}\mathcal{C}$. Une relation réflexive n'est f-invariante que si elle contient $\mathcal{T}$; une relation transitive est f-invariante dès qu'elle contient $\mathcal{T}$; les équivalences f-invariantes sont celles qui contiennent $\mathcal{C}$. Quand f est semi-uniforme, $\mathcal{R}'_1$ est f^{-1}-invariante.

Théorème 2. — *On a* $\mathcal{R}'_0\subseteq\mathcal{R}'_1$; *l'égalité a lieu si et seulement si* $\mathcal{R}$ *est f-invariante.*

L'inclusion $\mathcal{R}'_0\subseteq\mathcal{R}'_1$ résulte des définitions. Supposons $\mathcal{R}'_0=\mathcal{R}'_1$. Soit $x\mathcal{T}\mathcal{R}y$, donc $x\mathcal{T}x_1$ & $x_1\mathcal{R}y$. Si $x'\in f(x)\cap f(x_1)$ $(\neq\mathbf{0})$ et $y'\in f(y)$, on a $x'\mathcal{R}'_1y'$, d'où $x'\mathcal{R}'_0y'$ et $x\mathcal{R}y$: on a donc bien $\mathcal{T}\mathcal{R}\subseteq\mathcal{R}$; de même $\mathcal{R}\mathcal{T}\subseteq\mathcal{R}$.

Supposons $\mathcal{R}$ f-invariante. Soit $x'\mathcal{R}'_1y'$ donc $x_1\in f^{-1}(x')$, $y_1\in f^{-1}(y')$ avec $x_1\mathcal{R}y_1$; et considérons $x\in f^{-1}(x')$, $y\in f^{-1}(y')$: nous avons $x\mathcal{T}x_1$, $y_1\mathcal{T}y$, donc $x\mathcal{T}\mathcal{R}\mathcal{T}y$; comme $\mathcal{T}\mathcal{R}\mathcal{T}=\mathcal{R}$, il vient $x'\mathcal{R}'_0y'$, d'où l'égalité $\mathcal{R}'_0=\mathcal{R}'_1$.

Théorème 3. — *Soit* $\mathcal{R}$ *une relation f-invariante. Si* $\mathcal{R}$ *est* $\mathcal{T}$*-hexagonale, elle est transitive et inversement;* $\mathcal{R}'_1$ *est* f^{-1}*- invariante.*

On a $\mathcal{R}\mathcal{T}\mathcal{R}=\mathcal{R}^2$, $\mathcal{T}\mathcal{R}\mathcal{T}=\mathcal{R}$: la première partie de l'énoncé en résulte. Soit $x'\mathcal{R}'_1\mathcal{T}'y'$, donc $x'\in f(x)$, $m'\in f(m)$, $x\mathcal{R}m$, m' & $y'\in f(y)$. On a $m\mathcal{T}y$, donc $x\mathcal{R}\mathcal{T}y$, d'où $x\mathcal{R}y$ et enfin $x'\mathcal{R}'_1y'$: $\mathcal{R}'_1\mathcal{T}'\subseteq\mathcal{R}'_1$.

---

(1) $x'\mathcal{R}'_1y' \Leftrightarrow \exists\, x\in f^{-1}(x')$ & $y\in f^{-1}(y')$ tels que $x\mathcal{R}y$. Pour l'étude de $\mathcal{R}'_1$, voir *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1028. Nous utilisons aussi des définitions et des résultats de M. L. Dubreil-Jacotin, (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 806 et 906).

3. La *f-compatibilité* des équivalences, étudiée, pour les applications multiformes, par M. L. Dubreil-Jacotin ([1]), s'étend aux *relations binaires quelconques* : une relation $\mathcal{S}'$ dans E' est *f-compatible* avec $\mathcal{R}$ si

$$x\mathcal{R}y \quad \text{entraîne} \quad x'\mathcal{S}'y' \quad \text{pour } tout \quad x'\in f(x) \quad \text{et } tout \quad y'\in f(y).$$

Si en outre $\mathcal{R}$ est f^{-1}-compatible avec $\mathcal{S}'$, $\mathcal{R}$ et $\mathcal{S}'$ sont dites *f-équivalentes*. Toute intersection de relations f-compatibles avec $\mathcal{R}$ est f-compatible avec $\mathcal{R}$: la plus fine de ces relations est $\mathcal{R}'_1$, car

Théorème 4. — *Pour que $\mathcal{S}'$ soit f-compatible avec $\mathcal{R}$, il faut et il suffit qu'on ait $\mathcal{R}'_1 \subseteq \mathcal{S}'$.*

C'est *nécessaire* puisque $x'\mathcal{R}'_1 y'$ [c'est-à-dire $x'\in f(x)$, $y'\in f(y)$ et $x\mathcal{R}y$] entraîne $x'\mathcal{S}'y'$. C'est *suffisant*, car $x\mathcal{R}y$ et $x'\in f(x)$, $y'\in f(y)$ entraînent $x'\mathcal{R}'_1 y'$ d'où $x'\mathcal{S}'y'$.

Si $\mathcal{R}$ est *f-invariante et transitive*, $\mathcal{R}'_1 = \mathcal{R}'_0$ est non seulement la plus fine relation, mais la plus fine relation *transitive*, f-compatible avec $\mathcal{R}$. Cela vaut en particulier pour une équivalence $\mathcal{R}$ contenant $\mathcal{E}$ (donc $\mathcal{C}$), cas dans lequel M. L. Dubreil-Jacotin a donné précisément les deux définitions $\mathcal{R}'_0$ et $\mathcal{R}'_1$ de la plus fine équivalence de E' f-compatible avec $\mathcal{R}$.

4. Soient $\mathcal{S}_0$, $\mathcal{S}_1$ les relations définies dans E à partir d'une relation $\mathcal{S}'$ de E' comme $\mathcal{R}'_0$, $\mathcal{R}'_1$ l'étaient dans E' à partir de $\mathcal{R}$: $x\mathcal{S}_0 y \rightleftharpoons x'\mathcal{S}'y'$ pour *tout* $x'\in f(x)$ et *tout* $y'\in f(y)$; $x\mathcal{S}_1 y \rightleftharpoons \exists x'\in f(x)$ & $y'\in f(y)$ vérifiant $x'\mathcal{S}'y'$. Pour $\mathcal{S}' = \mathcal{R}'_i$, nous poserons $\mathcal{S}_k = \mathcal{R}_{ik}$ (i, k = 0, 1). On a, d'après les définitions

$$\mathcal{R}_{00} \subseteq \mathcal{R}_{01} \subseteq \mathcal{R} \subseteq \mathcal{R}_{10} \subseteq \mathcal{R}_{11} = \mathcal{E}\mathcal{R}\mathcal{E}.$$

D'après le théorème 4, *pour que $\mathcal{R}$ et $\mathcal{S}$ soient f-équivalentes, il faut et il suffit qu'on ait $\mathcal{R}'_1 \subseteq \mathcal{S}'$, $\mathcal{S}_1 \subseteq \mathcal{R}$. Mais ces deux inclusions entraînent $\mathcal{R}'_1 = \mathcal{S}'$, $\mathcal{S}_1 = \mathcal{R}$ et par suite $\mathcal{R}'_1$ est, dans* E', *la seule relation qui puisse être f-équivalente à $\mathcal{R}$.* Soit en effet $x'\mathcal{S}'y'$: alors $x\in f^{-1}(x')$ & $y\in f^{-1}(y') \to x\mathcal{S}_1 y \to x\mathcal{R}y \to x'\mathcal{R}'_1 y'$: on a donc $\mathcal{S}' \subseteq \mathcal{R}'_1$ d'où l'égalité. De même $\mathcal{S}_1 = \mathcal{R}$.

Théorème 5. — *Pour que $\mathcal{R}'_1$ soit f-équivalente à $\mathcal{R}$, il faut et il suffit que $\mathcal{R}$ soit f-invariante. Quand il en est ainsi, $\mathcal{R}$ et $\mathcal{R}'_1$ engendrent dans $\overline{\mathrm{E}} = \mathrm{E}/\mathcal{C}$, et $\overline{\mathrm{E}'} = \mathrm{E}'/\mathcal{C}'$ des relations $\overline{\mathcal{R}}$ et $\overline{\mathcal{R}'_1}$: l'application biunivoque de $\overline{\mathrm{E}}$ sur $\overline{\mathrm{E}'}$ définie par f, transforme $\overline{\mathcal{R}}$ en $\overline{\mathcal{R}}'_1$.*

$\mathcal{R}'_1$ est f-équivalente à $\mathcal{R}$ si et seulement si $\mathcal{R}_{11} = \mathcal{R}$. Soit donc $\mathcal{R}_{11} = \mathcal{R}$; si $x'\mathcal{R}'_1 y'$, $x\in f^{-1}(x')$ et $y \subset f^{-1}(y')$ entraînent $x\mathcal{R}_{11}y$, donc $x\mathcal{R}y$, d'où $x'\mathcal{R}'_0 y'$: on a donc $\mathcal{R}'_1 \subseteq \mathcal{R}'_0$, d'où l'égalité, $\mathcal{R}$ est f-invariante. Si inversement $\mathcal{R}'_0 = \mathcal{R}'_1$, on a $\mathcal{R}_{00} = \mathcal{R}_{10}$ et $\mathcal{R}_{01} = \mathcal{R}_{11}$, donc $\mathcal{R} = \mathcal{R}_{11}$ ($= \mathcal{R}_{00}$).

Autre démonstration : on a $\mathcal{R}_{11} = \mathcal{E}\mathcal{R}\mathcal{E}$; or, si $\mathcal{R}$ est f-invariante, $\mathcal{E}\mathcal{R}\mathcal{E}$ coïncide avec $\mathcal{R}$. Inversement, $\mathcal{E}$ étant réflexive, on a $\mathcal{R} \subseteq \mathcal{E}\mathcal{R} \subseteq \mathcal{E}\mathcal{R}\mathcal{E}$, donc l'égalité $\mathcal{R} = \mathcal{E}\mathcal{R}\mathcal{E}$ exige que $\mathcal{R}$ soit f-invariante.

Puisque $\mathcal{R}\mathcal{C} = \mathcal{R} = \mathcal{C}\mathcal{R}$, on a, pour deux ensembles stables minimaux σ_1, σ_2, $\sigma_1 \overline{\mathcal{R}} \sigma_2$ dès que $x_1 \mathcal{R} x_2$ ($x_i \in \sigma_i$) : la seconde partie du théorème en résulte.

TOPOLOGIE. — *Applications intérieures régulières dans les variétés à n dimensions*. Note (*) de Mme **Marie-Hélène Schwartz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient U et E des variétés topologiques à n dimensions connexes, orientables et sans bords, E étant compacte et U non compacte. Nous appellerons application intérieure régulière de U dans E une application biunivoque et bicontinue au voisinage de tous les points de U sauf ceux d'un complexe Δ à n-2 dimensions.

Une telle application, soit f, conserve l'orientation, elle admet en chaque point x de U un degré topologique local qui est le degré topologique en $f(x)$ de la restriction de f à un voisinage arbitrairement petit de x. $m(x)=1$ en dehors de Δ. Nous pouvons décomposer Δ en un ensemble localement fini de sous-variétés, $\Delta_i^k(0 \leqq k \leqq n-2)$, Δ_i^k étant de dimension k, connexe et sans bords; f a le même degré topologique, soit $m(\Delta_i^k)$ en tous les points de Δ_i^k. Nous définirons de même $m(D_i^k)$, D_i^k étant une sous-variété connexe ouverte et sans bord $(0 \leqq k \leqq n)$ intérieure à l'un des Δ_i^k ou extérieure à Δ.

Soit X une sous-variété à n dimensions, de U compacte, orientable et de bord $\dot{X}$ tel que $f(\dot{X})$ soit une sous-variété triangulable de E; soit f' la restriction de f à X et soit m' le degré topologique maximum de la restriction de f' à un voisinage arbitrairement petit de x : $m'(x)=m(x)$ si $x \in \mathring{X}$. Conformément à une méthode utilisée par Ahlfors pour $n=2$, considérons l'ensemble fermé Γ_p des points y de E tels que $\Sigma_i m'(x_i) \geqq p$ pour $f(x_i)=y$ (nous dirons par abus de langage qu'ils sont *recouverts* au moins p fois); soit $\mathring{\Gamma}_p$ l'ensemble des points de Γ_p tels que chacun de leur voisinage ait au moins une image réciproque par f ayant avec X et $\dot{X}$ des intersections non vides de dimensions n et $n-1$. $\Gamma_{p_2} \subset \Gamma_{p_1}$ si $p_2 > p_1$ et la réunion des $\mathring{\Gamma}_p$ est l'image B de $\dot{X}$. Soit (ϖ) une triangulation finie de X comprenant toutes les cellules de $\Delta \cap X$ et ϖ_i^k une cellule de (ϖ). ρ étant la caractéristique d'Euler-Poincaré $(b_0 - b_1 \ldots)$ on a

$$\rho(X)=\sum_p \rho(\Gamma_p)-\sum_{i,k}(-1)^k[m'(\varpi_i^k)-1] \qquad \text{pour} \quad \varpi_i^k \subset X \qquad (k \leqq n-2);$$

$$\rho(\mathring{X})=\rho(X)-\rho(\dot{X})=\sum_p \rho(\mathring{\Gamma}_p)-\sum_{i,k}(-1)^k[m'(\varpi_i^k)-1]$$

$$\text{pour } \varpi_i^k \subset \mathring{X} \quad (k \leqq n-2) \qquad \text{et} \qquad \varpi_i^k \subset \dot{X} \quad (k=n-2).$$

(*) Séance du 13 mars 1950.

(1) Pour $n=2$ cette définition revient à celle de Stoïlow : *Leçons sur les principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques*, Paris, 1938.

Si n est impair $\rho(\Gamma_p) = (1/2)\rho(\dot{\Gamma}_p)$, il vient

$$(1)\qquad 0 = \sum_{i,k\leq n-2} (-1)^k[m'(\varpi_i^k) - 1] - \frac{1}{2}\sum_p \rho(\dot{\Gamma}_p) + \frac{1}{2}\rho(\dot{X})$$

$$= \sum_{i,k\leq n-2} (-1)^k[m'(D_i^k) - 1] - \frac{1}{2} \sum_{\varpi_i^k \subset \dot{Y}, k\leq n-3} (-1)^k[m'(\varpi_i^k) - 1].$$

Si n est quelconque, pour introduire les caractéristiques de X et $\dot{X}$ nous appliquerons aux Γ_p la formule de Gauss Bonnet généralisée (²). Nous supposerons E, U, $\dot{X}$ trois fois continûment différentiables (ou de classe C_3) et nous introduirons sur E un ds^2 riemannien de classe C_2. Soit V la variété U munie de la métrique image réciproque par f de celle de E. $f = h_0 g$, h, homéomorphisme identique de U sur V; g, projection de V dans E. Soient $Z = h(X)$ et $\dot{Z} = h(\dot{X})$. Désignons par CtZ et $Cg\dot{Z}$ les intégrales sur Z et $\dot{Z}$ de la courbure totale et de la courbure géodésique généralisée, il vient

$$(2)\qquad \sum_{i,k} (-1)^k[m'(\varpi_i^k) - 1] - Cg\dot{Z} = CtZ - \rho(\mathring{Z}).$$

Pour $\varpi_i^k \subset \mathring{X}$, $k \leqq n-2$ et $\varpi_i^k \subset \dot{X}$, $k = n-2$.

Cette formule qui contient la formule (1), est applicable aux applications intérieures, en particulier à toutes les applications analytiques complexes de rang partout égal à n. Mais maintenant nous allons nous restreindre aux seules applications intérieures régulières qui satisfont à une hypothèse A, généralisant une hypothèse d'Ahlfors, et que nous appellerons A-intérieures.

Hypothèse A. — La variété riemannienne V peut être engendrée par une famille infinie $\{V_t\}$ de variétés compactes (dépendant du paramètre t, telles que $V_{t_1} \subset V_{t_2}$ si $t_1 < t_2$) et telles que

$$\lim_t \frac{\dot{\mathfrak{V}}(t)}{\mathfrak{V}(t)} = 0 \qquad \text{et} \qquad \lim_t \frac{\rho(V)}{\mathfrak{V}(t)} = 0.$$

$\mathfrak{V}(t)$ étant l'hypervolume de V_t et $\dot{\mathfrak{V}}(t)$ l'hypersurface de son bord $\dot{V}_t$.

Cette hypothèse ne dépend en réalité que de la structure de variété différentiable de E et non de la métrique choisie.

(²) ALLENDOERFER et A. WEIL, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 53, n° 1, 1943; CHERN, *Annals of Math.*, 45, 1944, p. 747-752.

TOPOLOGIE. — *Sections locales de certains espaces fibrés.* Note de M. **Armand Borel**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans une Note récente (1) J.-P. Serre a montré que moyennant certaines hypothèses sur la base, un espace fibré principal est trivial quand le groupe structural est limite projective d'une suite dénombrable de groupes de Lie. Le but principal de cette Note est d'esquisser la démonstration de la généralisation de ce théorème au cas d'une limite projective quelconque de groupes de Lie.

1. *Préliminaires.* — $G = \lim(G_\alpha; f_{\alpha\beta})$ limite projective (2) de groupes de Lie G_α, N_α noyau de la projection f_α de G sur G_α, $N_{\alpha\beta}$ noyau de $f_{\alpha\beta}$. Soit E un espace fibré principal (en abrégé e. f. p.) de base B et de groupe (structural) G; N_α y définit une relation d'équivalence et le quotient E_α de E par cette relation est un e. f. p. de base B et de groupe G_α. Si $\alpha < \beta$, E_α est le quotient de E_β par la relation d'équivalence qu'y définit $N_{\alpha\beta}$; soient p_α la projection de E sur E_α, $p_{\alpha\beta}$ celle de E_β sur E_α; on a $p_{\alpha\beta} = p_\alpha \circ p_\beta^{-1}$; p_α, $p_{\alpha\beta}$ sont des applications induisant l'identité sur B. Finalement E apparaît comme une limite projective d'e. f. p. de base B et dont les groupes structuraux sont de Lie.

Soient S_α, S_β des sections de E_α, resp. $E_\beta (\alpha < \beta)$, considérées comme ensemble de points. On vérifie aisément les lemmes suivants : 1° $p_{\alpha\beta}(S_\beta)$ est une section de E_α; 2° $p_{\alpha\beta}^{-1}(S_\alpha)$ est un e. f. p. de groupe $N_{\alpha\beta}$; 3° soient M_1, M_2 deux sous-espaces de E_α qui sont des e. f. p. de groupes respectifs H_1, H_2 ($H_1, H_2 \in G$); *s'ils ont une section en commun,* leur intersection est un e. f. p. de base B et de groupe $H_1 \cap H_2$.

2. Théorème. — *Soit* E *un espace fibré principal dont la base* B *est localement compacte, paracompacte et contractile en l'un de ses points et dont le groupe structural* G *est une limite projective de groupes de Lie. Alors* E *est trivial, c'est-à-dire possède une section.*

Si S est une section de E, $p_\alpha(S) = S_\alpha$ définit une section de E_α et ces sections sont cohérentes en ce sens que $p_{\alpha\beta}(S_\beta) = S_\alpha$ ($\alpha < \beta$). Réciproquement, il est facile de voir qu'un système de sections S_α cohérentes définit une section de E. Tout revient à construire ces sections.

Soit x un point de E choisi une fois pour toutes et Ω_α l'ensemble des sections de E_α passant par $x_\alpha = p_\alpha(x)$. D'après un théorème de Gleason (3), tout e. f. p. de base B et dont le groupe structural est de Lie est trivial; cela permet de démontrer les propriétés *a* et *c* ci-dessous.

a. $p_{\alpha\beta}(\Omega_\beta) = \Omega_\alpha$; Ω_α n'est pas vide;

b. S_α, $S'_\alpha \in \Omega_\alpha$ et $S_\alpha \subset S'_\alpha$ entraînent $S_\alpha = S'_\alpha$;

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 618-620.

(2) A. Weil, *Act. Sc.*, 869, Paris, 1940.

(3) Cité dans la Note (1).

c. soit M_β un sous-espace de E_β, qui est un e. f. p. dont le groupe structural est un sous-groupe fermé de G et qui contient un élément de Ω_β et soit $M_\alpha = p_{\alpha\beta}(M_\beta)$. Si $S_\alpha \in \Omega_\alpha$ et $S_\alpha \subset M_\alpha$, il existe $S_\beta \in \Omega_\beta$ contenu dans M_β tel que $S_\alpha = p_{\alpha\beta}(S_\beta)$.

Définition. — Soit F une partie de l'ensemble des indices J. Un ensemble de sections $S_\alpha \in \Omega_\alpha$ (α parcourant F) est un F-système s'il vérifie :

(1) Si $\gamma > \alpha_1, \ldots, \alpha_n$, $(\alpha_1, \ldots, \alpha_n \in F$, γ *quelconque* $\in J)$, $\bigcap_1^n p_{\alpha_i\gamma}^{-1}(S_{\alpha_i})$ contient au moins un élément de Ω_γ.

Les S_α d'un F-système sont donc cohérentes. Les F-systèmes (F variable) forment de façon évidente un ensemble partiellement ordonné inductif (et non vide). D'après le théorème de Zorn, il contient un élément maximal et il faut montrer que pour ce dernier $F = J$. Cela résulte du

LEMME. — *Soit* $\beta \notin F$. *Alors tout* F-*système peut être prolongé en un* $\{\beta\} \cup F$-*système.*

Soit $\gamma > \alpha_1, \ldots, \alpha_n, \beta$ $(\alpha_1, \ldots, \alpha_n \in F)$. Posons

$$M(\alpha_1, \ldots, \alpha_n; \gamma) = p_{\beta\gamma}\left[\bigcap_1^n p_{\alpha_i\gamma}^{-1}(S_{\alpha_i})\right].$$

D'après (1) et 3° du n° 1, $\bigcap_1^n p_{\alpha_i\gamma}^{-1}(S_{\alpha_i})$ est un e. f. p. de groupe $\bigcap_1^n N_{\alpha_i\gamma}$ M est un e. f. p. de groupe $H(\alpha_1, \ldots, \alpha_n; \gamma) \cong \bigcap_1^n \dfrac{N_{\alpha_i\gamma}}{N_{\beta\gamma} \cap N_{\alpha_1\gamma} \cap \ldots \cap N_{\alpha_n\gamma}}$ et contient un $S_\beta \in \Omega_\beta$. L'intersection de 2 M en contient un autre et ainsi 2 M ont au moins en commun un élément de Ω_β. Il y a donc correspondance entre inclusions de sous-espaces M et inclusions de sous-groupes H ou de sous-groupes H', composantes connexes de *e* des H. Comme les H' sont de plus représentés par des sous-espaces vectoriels d'un espace de dimension *finie*, à savoir l'algèbre de Lie de G_α, il en existe un, disons $H'(\alpha_1, \ldots, \alpha_n; \gamma)$ contenu dans tous les autres. Soit $S_\beta \in \Omega_\beta$ contenu dans $M(\alpha_1, \ldots, \alpha_n; \gamma)$. En utilisant l'axiome (FP) de définition des e. f. p. ([4]), on montre alors que S_β est contenu dans tous les M. De plus, si $\gamma > \alpha_1, \ldots, \alpha_n, \beta$ $(\alpha_1, \ldots, \alpha_n \in F)$ on établit que

$$p_{\gamma\beta}^{-1}(S_\beta) \cap p_{\alpha_1\gamma}^{-1}(S_{\alpha_1}) \cap \ldots \cap p_{\alpha_n\gamma}^{-1}(S_{\alpha_n})$$

contient un élément de Ω_γ.

Ce point essentiel s'obtient grâce à *b* et surtout à *c*. Il signifie justement que S_β forme avec les S_α du F-système donné un $\{\beta\} \cup F$-système.

3. La démonstration précédente montre que : 1° E est trivial dès que tout e. f. p. de base B et de groupe structural de Lie est trivial; 2° E est

([4]) Cité par J.-P. SERRE, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1295-1297.

localement trivial si B est localement contractile en un point; cela permet de généraliser au cas où G est limite projective quelconque de groupes de Lie le théorème 3 de ([1]) (suite d'homotopie) et aussi le corollaire au théorème 4, puisque les théorèmes 4 et 5 sont vrais dans ce cas ([5]).

Remarque. — La contractilité locale de B paraît être nécessaire. Par ex. $\Pi_1^\infty G_i$ fibré par $\Pi_1^\infty H_i$ ($H_i \subset G_i$) n'est pas localement trivial si $G_i \simeq G$ de Lie, $H_i \simeq H \subset G$, G n'étant pas fibré trivialement par H.

GÉOMÉTRIE. — *Dérivation covariante et nombres de Betti.*
Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Désignons par V_n une variété riemannienne compacte, orientable, à n dimensions, de métrique définie positive

$$ds^2 = g_{ij}\,dx^i\,dx^j. \tag{1}$$

Supposons qu'il existe sur V_n un tenseur symétrique T_{ij} d'ordre 2, non proportionnel à g_{ij}, et de dérivée covariante nulle

$$\nabla_k T_{ij} = 0.$$

La variété V_n est alors localement réductible. Le polynôme caractéristique de la matrice (T_{ij}) par rapport à (g_{ij}) est à coefficients constants sur V_n. A toute valeur caractéristique d'ordre r, on peut faire correspondre un champ de r-plans parallèles ([1]) qui définit un r-vecteur représentatif $p_{i_1 i_2 \ldots i_r}$ à dérivée covariante nulle et, par suite, une forme *harmonique* sur V_n. On en déduit aisément.

Théorème 1. — *S'il existe sur* V_n *un tenseur symétrique* T_{ij} *d'ordre* 2, *non proportionnel à* g_{ij} *et de dérivée covariante nulle, la variété* V_n *est localement réductible et ses nombres de Betti satisfont aux inégalités*

$$b_r(V_n) \geq p_r \qquad (r = 1, 2, \ldots, n-1).$$

où p_r *désigne le nombre de valeurs caractéristiques qui admettent l'ordre de multiplicité* r.

En particulier, il ne peut exister de tel tenseur T_{ij} sur une variété V_n dont les nombres de Betti sont ceux de la sphère. Si la variété riemannienne V_n admet un groupe à un paramètre de collinéations affines ne conservant pas les angles, défini par un champ de vecteurs a_i, le tenseur

$$T_{ij} = \nabla_i a_j + \nabla_j a_i$$

([5]) A. Borel, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1127.

([1]) *Cf.* par exemple, A. G. Walker, *Quat. Journ. Math.*, 20, 1949, p. 135-145.

satisfait aux hypothèses du théorème 1 et celui-ci s'applique. Le théorème 1 peut être étendu sans difficulté au cas où T_{ij} est remplacé par un tenseur d'ordre $[2(2k+1)]$, antisymétrique pour les indices de deux ensembles de $(2k+1)$ indices et symétrique par échange des deux ensembles.

2. On dit qu'un espace de Riemann est *récurrent* ([2]), s'il existe un vecteur K_l tel que

$$\nabla_l R_{ij,kh} = K_l R_{ij,kh}.$$

Si un espace est récurrent (ou en particulier symétrique), il existe donc un tenseur $S_{ij,kh}$, proportionnel à $R_{ij,kh}$, tel que

$$\nabla_l S_{ij,kh} = 0$$

et auquel on peut par contraction appliquer le théorème 1 (espace symétrique localement réductible). Supposons que la matrice $(R_{ij,kh})$ [où (ij) et (kh) jouent le rôle d'indices composés] admette une valeur caractéristique *simple* par rapport à $(g_{ik}g_{jh} - g_{ih}g_{jk})$. On en déduit l'existence d'un bivecteur u_{kh} proportionnel au bivecteur caractéristique correspondant et à dérivée covariante nulle. La forme u associée est harmonique.

Supposons de plus l'espace V_n localement irréductible. Il est alors espace d'Einstein et il résulte d'une formule de ma Note antérieure ([3]) qu'il ne peut exister qu'une seule valeur caractéristique simple. De plus le déterminant $\|u_{kh}\|$ est non nul, sinon les vecteurs w^h tels que $u_{kh}w^h$ soit nul engendreraient un champ non trivial de plans parallèles et V_n serait localement réductible. Les puissances extérieures de u de degré $\leq n$ sont donc des formes harmoniques non nulles.

THÉORÈME 2. — *Si un espace récurrent V_n, localement irréductible, est tel que le tenseur $R_{ij,kh}$ admette une valeur caractéristique simple dans l'espace des bivecteurs tangents, il est de dimension paire et admet une structure homologique de variété quasi kählerienne.*

$$b_{2k}(V_n) \geq 1 \qquad \left(k = 1, 2, \ldots, \frac{n}{2} - 1\right).$$

3. Supposons la variété différentiable, orientable, compacte V_n douée d'une métrique finslérienne positivement homogène

$$ds_F^2 = L^2(x, dx) = g_{ij}(x, \dot{x})\, dx^i\, dx^j. \tag{2}$$

S'il existe pour cette métrique un groupe d'isométrie à un paramètre, dont les trajectoires constituent sur V_n un champ d'extrémales cotransversales du problème

([2]) Ces espaces ont été introduits et étudiés par H. S. RUSE, *Proc. London Math. Soc.* (sous presse).

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1678-1680.

variationnel associé à (2), le champ de vecteurs unitaires r^i, colinéaires à leur élément d'appui, défini par les vecteurs tangents aux extrémales du champ, est à parallélisme absolu au sens de la métrique finslérienne

$$\partial_j r^i + \Gamma^{*i}_{kj} r^k = 0.$$

Un calcul local montre aisément (4) que ce champ de vecteurs est à dérivée covariante nulle pour la métrique riemannienne

$$ds^2_R = g_{ij}(x, r)\, dx^i\, dx^j, \tag{3}$$

qu'on peut alors attribuer à V_n. En particulier, on a $b_1(V_n) \geqq 1$. Les démonstrations détaillées paraîtront ailleurs.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une classe de surfaces à points multiples.* Note (*) de M. **Jean Mirguet**, transmise par M. Georges Bouligand.

L'analyse des continus Σ de ma Note du 2 janvier, en vue d'une théorie directe des enveloppes et, plus généralement, des lieux de projections des points de Σ où la projetante est paratingente, se poursuit ici par les théorèmes : I. En toute singularité de Σ, le ptg emplit l'espace. II. Seul le point simple possède le caractère *ouvert*.

L'orthosurface, obtenue par le lemme d'univocité de M. Bouligand (1), se prête à l'analyse géométrique des enveloppes, au sens strict, d'une famille plane, grâce à la méthode des projections (2); pour envisager dans la même voie, les lieux de singularités, on peut utiliser les ensembles Σ proposés dans ma précédente Note (3); tous les points caractéristiques, situés ou non sur la véritable enveloppe, ont alors la définition commune : *projection d'un point de Σ où la projetante est paratingente*. En rappelant qu'un point de Σ est *simple* ou *singulier* suivant qu'une régulatrice y échappe ou non au ptg_1, et qu'au voisinage d'un point simple, Σ est une orthosurface à plan tangent continu, on voit que l'enveloppe stricte correspond aux contours apparents selon la projetante. Que les lieux de singularités correspondent aux points singuliers de Σ ressort du théorème suivant.

1. Les points singuliers de Σ sont de *première* ou *seconde* espèce, suivant qu'une régulatrice y échappe ou non au ptg_2; nous avons vu (4) qu'en un

(4) Les notations sont celles de Lichnerowicz (*Ann. Éc. Norm. Sup.*, 62, 1945, p. 362-365) où figure un calcul analogue.

(*) Séance du 20 mars 1950.

(1) *Introduction à la Géom. Inf. Directe*, Paris, 1932, p. 78.

(2) G. Bouligand, *Cours de Géométrie analytique*, Paris, 1946, § 142, p. 258.

(3) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 48-50.

(4) *Idem*, *loc. cit.*, § 4.

singulier de première espèce, le ptg_1 remplit l'espace; cette propriété reste vraie en tout point singulier : en effet, la proposition ne serait en défaut qu'en un singulier M où une droite D n'est pas régulatrice; supposons que D ne soit pas non plus paratingente, les nombres $n(\theta)$ relatifs à D ne peuvent être que tous zéro ou tous 1, avec un nombre fini d'exceptions au plus, qui vaudront respectivement 1 ou zéro. Si les $n(\theta)$ sont, en général, zéro, l'exception 1 existe, car les deux θ_1 et $\theta_2 = \pi + \theta_1$, définis par le plan de D et d'une régulatrice Δ, donnent des $n(\theta_1)$ et $n(\theta_2)$ dont l'un ne serait zéro que si l'autre était au moins 2 et D serait paratingente; donc $n(\theta_1) = n(\theta_2) = 1$; par suite, comme la projection orthogonale de Σ faite parallèlement à D présente toujours des points intérieurs, elle a une frontière dont les points T_i à tangente tendent vers la projection μ de M. En un point A_i de Σ projeté en un T_i, il y a relativement à la projetante, une infinité de $n(\theta)$ qui sont zéro, et une autre infinité qui sont $\neq 0$, donc $\geqq 2$; donc, la projetante est paratingente en A_i, donc en M, accumulation des A_i. Si les $n(\theta)$ de D en M sont, en général, 1, l'exception zéro existe, sinon D serait régulatrice; donc, la projection de Σ possède encore une frontière contenant μ, d'où la même contradiction que dans le premier cas.

2. La nature des lieux de singularités sur la figure projetée est éclairée par le fait que les points simples sont *seuls susceptibles de constituer des ouverts sur* Σ, cette propriété des simples découle du lemme : *si un point* M *de* Σ, *où une droite* Δ *est régulatrice, est limite de points* M_i *où la même direction* Δ *n'est pas régulatrtce,* Δ *appartient au* ptg_2 *en* M; lemme dont la preuve est qu'en M_i, existe au moins un demi-plan, issu de la parallèle $\Delta(M_i)$ menée par M_i à Δ, où, sur les différentes parallèles Δ_{ij} à Δ, ne figure aucun point de Σ tendant vers M_i; or, pour M_i assez voisin de M, ces mêmes Δ_{ij} doivent porter des points de Σ tendant vers M; par suite, sur $\Delta(M_i)$ figure un second point R_i de Σ, distinct de M_i; donc, il y a des droites passant par R_i, peu inclinées sur $\Delta(M_i)$ rencontrant Σ en trois points tendant vers M avec M_i et dont la direction tend vers Δ; donc, $\Delta \subset ptg_2$ en M. D'où : si M est simple sur Σ, une régulatrice Δy échappe au ptg_1, donc au ptg_2; les points de Σ, intérieurs à une sphère centrée sur M, sont simples puisque Δy échappe au ptg_1, et que, d'après le lemme, Δ y est régulatrice.

Par contre, on sait que les singuliers de première espèce sont *limites de simples*. En un singulier M de deuxième espèce, soit $M\Delta_1$ une des demi-droites de la régulatrice Δ et, dans chaque demi-plan issu de Δ, Mt_i la demi-tg la plus voisine de $M\Delta_1$. Si la réunion des Mt_i contenait un demi-cône plein englobant $M\Delta_1$, il y aurait un volume de régulatrices, donc de ptg_2; donc, s'il y a une Mt_{i_1} distincte de $M\Delta_1$, il ne se peut que, dans la rotation continue du demi-plan, Mt_i varie continûment à partir de Mt_{i_1}. Donc, les Mt_i sont $M\Delta_1$, sauf des exceptionnelles comme Mt_{i_1}, deux au plus, coplanaires de $M\Delta_1$, si elles sont deux. Avec ou sans exceptionnelle, un tel dispositif *ne saurait être ouvert* sans un ptg_2 volumineux en M.

Exemples. — α. $y^2 + z^2 = \pm ay$ avec $z > 0$; $M\Delta_1$ en oz; les exceptionnelles sont $\pm 1, 0, 0$.

β. Le tore engendré par un cercle tournant autour de sa tangente en M; cette dernière est Δ; il n'y a pas d'exceptionnelle.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une figure de référence mobile constituée par cinq sphères non nécessairement orthogonales.* Note de M. **Fernand Backes**, présentée par M. Paul Montel.

L'étude de certains problèmes de Géométrie anallagmatique présentant des difficultés analytiques lorsqu'on fait usage du pentasphère orthogonal mobile, nous a conduit à utiliser un repère mobile composé de cinq sphères quelconques. Bien que les formules en coordonnées pentasphériques obliques fixes soient assez compliquées, celles relatives au pentasphère oblique mobile diffèrent à peine de celles concernant le cas orthogonal.

Il nous a fallu reprendre la théorie à partir de la relation quadratique, indiquée par Darboux, qui lie les puissances d'un point par rapport à cinq sphères fixes quelconques. La relation quadratique $\Omega(x_1, \ldots, x_5) = 0$ qui en résulte pour les coordonnées pentasphériques, permet notamment de mettre le carré de l'élément linéaire de l'espace sous la forme $N\Omega(dx_1 \ldots, dx_5)$, M désignant un facteur indépendant de dx_i.

En coordonnées obliques, une sphère est encore représentée par une équation linéaire $\Sigma m_i x_i = 0$; elle est de rayon nul si $\Omega(m_1, \ldots, m_5) = 0$. Cependant, plusieurs formules relatives aux sphères n'affectent une forme simple que si l'on envisage des coordonnées métriques m_i; celles-ci sont soumises à la condition

$$\sum_i \sum m_i m_j \cos V_{ij} = 1,$$

dans laquelle V_{ij} désigne l'angle des sphères S_i, S_j du pentasphère fixe. C'est ainsi que, pour une sphère mobile de coordonnées métriques m_i, le carré de l'élément angulaire de deux sphères infiniment voisines a pour expression

$$\sum_i \sum_k dm_i \, dm_k \cos V_{ik}.$$

Signalons encore que, comme dans les cas des coordonnées pentasphériques orthogonales, la sphère $\Sigma x_i \partial\varphi/\partial\xi_i = 0$ est tangente à la surface $\varphi(x_1, \ldots, x_5) = 0$ au point ξ_i, de sorte que la condition d'orthogonalité des surfaces $\varphi = 0$, $\psi = 0$ s'écrit

$$\sum_i \sum_k \frac{\partial\varphi}{\partial x_i} \cdot \frac{\partial\psi}{\partial x_k} \cos V_{ik} = 0.$$

Si l'on choisit cinq sphères mobiles quelconques constituant un pentasphère P_m, les coordonnées relatives x_i et les coordonnées absolues X_h par rapport à un pentasphère oblique fixe P_f sont liées par les formules

$$x_i = \sum_k \beta_{ik} X_k \quad \text{ou} \quad X_h = \sum_i B_{ih} x_i;$$

leurs coefficients servent à définir les *rotations* de P_m :

$$a_{ki} = \sum_j B_{kj} \frac{d\beta_{ij}}{dt},$$

lesquelles satisfont d'ailleurs au système

$$\frac{d\beta_{ih}}{dt} = \sum_k a_{ki} \beta_{kh}, \qquad \sum a_{ii} = 0.$$

Les dérivées successives des coordonnées relatives x_i d'un point prises par rapport à un pentasphère fixe qui coïncide avec P_m à l'instant considéré, ont alors pour expressions

$$\frac{\partial^{p+1} x_i}{dt^{p+1}} = -\sum_k a_{ki} \frac{\partial^p x_k}{dt^p} + \frac{d}{dt} \frac{\partial^p x_i}{dt^p} \qquad (p \geqq 0);$$

ces formules permettent de montrer que la caractéristique d'une surface, définie en coordonnées relatives par l'équation $f(x_1, \ldots, x_5, t) = 0$ appartient à la surface

$$\sum_i \frac{\partial f}{\partial x_i} \sum_k a_{ki} x_k + \frac{\partial f}{\partial t} = 0.$$

Quant aux sphères de coordonnées relatives m_i (non nécessairement métriques), on obtient des formules analogues à celles concernant les points

$$\frac{\partial^{p+1} m_i}{dt^{p+1}} = \sum_k a_{ik} \frac{\partial^p m_k}{dt^p} + \frac{d}{dt} \frac{\partial^p m_i}{dt^p} \qquad (p \geqq 0).$$

Enfin, pour les dix coordonnées d'un cercle, désignées par q_{ik}, on a

$$\frac{\partial^{p+1} q_{ik}}{dt^{p+1}} = \sum_j \left(a_{ij} \frac{\partial^p q_{jk}}{dt^p} - a_{kj} \frac{\partial^p q_{ji}}{dt^p} \right) + \frac{d}{dt} \frac{\partial^p q_{ik}}{dt^p} \qquad (p \geqq 0).$$

Si le pentasphère mobile dépend de deux paramètres u, v, les deux groupes de rotations a_{ik}, b_{ik} vérifient les égalités

$$\frac{\partial a_{ik}}{\partial v} - \frac{\partial b_{ik}}{\partial u} = \sum_j (a_{ij} b_{jk} - b_{ij} a_{jk})$$

et l'on obtient pour les points, les sphères et les cercles, des formules toutes pareilles à celles indiquées dans le cas d'un paramètre.

MAGNÉTISME. — *Introduction d'une notion d'activation intermittente dans l'état électronique des ferromagnétiques*. Note (*) de M. **Robert Forrer**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. La notion d'activation électronique intermittente a été suggérée par un certain nombre de faits et de considérations que nous énumérons d'abord :

Le moment magnétique absolu M_Σ a été considéré ([1]) comme composé : d'une part d'un moment de base M qui est fonction du nombre atomique Z et qui contient le plus souvent un moment dû à une activation permanente d'une fraction rationnelle ($1/4$ pour les alliages Fe—Co, Co—Ni et Fe—Niγ; o pour Fe) des atomes vers l'état s^2; et d'autre part d'un moment supplémentaire m qui est fonction du point de Curie θ. Ce point de vue a été confirmé par un travail expérimental de M. P. Taglang ([2]) : Les moments $m_{\theta=0}$ extrapolés à partir de plusieurs séries d'alliages isoélectroniques donnent en effet une pente de un magnéton de Bohr μ_B par variation d'une unité du nombre Z.

Le moment supplémentaire m est (dans les alliages Fe—Niγ et Co—Niγ) composé de son côté d'un petit moment constant m_s de $0{,}06\,\mu_B$ et d'un moment m_θ proportionnel à N_θ, où N_θ est le nombre d'interactions Φ responsables de l'état ferromagnétique et déduit du point de Curie θ par la relation $N_\theta = \theta^2/F^2$ où F est une température de l'ordre de 300°. Nous posons $m_\theta/N_\theta = \beta\mu_B$; l'expérience donne $\beta = 0{,}010$.

D'après les récents travaux de A. Meyer ([3]) le facteur de Landé g reste égal à 2 pour ces alliages : tout le moment magnétique est donc à attribuer au spin de l'électron, de sorte que le moment m doit provenir lui aussi d'une activation à partir du sous-étage $3d$.

D'après une étude sur les points de fusion ([4]) des métaux réfractaires, le facteur F dans la relation $N_0 = \theta^2/F^2$ de l'ordre de 300° est typique pour des interactions entre électrons à l'état p. Les électrons en interaction dans un ferromagnétique (où $F = \sim 300°$) doivent donc aussi être à l'état p.

2. La conception des activations intermittentes (A.i.) dans les ferromagnétiques est la suivante : une série a d'A.i. élémentaires de durée t se fait périodiquement (à la période T) à partir des paires d'électrons à l'état $3d$ vers les états $4s$ ou $4p$. Nous posons $t/T = \beta$. Il en résulte : 1° une augmentation de moment magnétique $m = a\beta\mu_B$, causée par les lacunes périodiques dans les paires à l'état d; et 2° des états intermittents à l'état s et p que nous désigne-

(*) Séance du 20 mars 1950.

([1]) R. Forrer, *J. de Phys.*, 10, 1939, p. 432 et 1, 1940, p. 74.

([2]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 704 et 994.

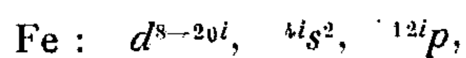
([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949 p. 1934, *et* 229, 1949, p. 707.

([4]) R. Forrer, *J. de Phys.*, 9, 1938, p. 387.

rons par ${}^{i}s$ et ${}^{i}p$. Le remplissage de l'état intermittent ${}^{i}s^2$ s'exprime par l'apparition d'un moment constant m_s dû aux lacunes correspondantes de l'état $3d$. Le reste de l'A.i. se fera vers l'état ${}^{i}p$, avec la possibilité d'interactions Φ, en nombre N_0, qui créent ainsi l'état ferromagnétique. Le moment correspondant est $m_p = N_0 \beta \mu_B$.

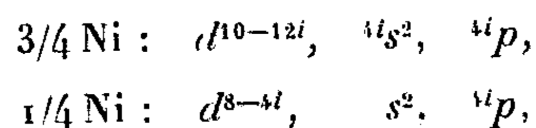
Si une ou deux paires d'électrons sont nécessaires pour une A. i. vers ${}^{i}s$ ou ${}^{i}s^2$, on n'aura pas de ferromagnétisme (cas de Cr et Mn). Seulement quand le nombre de paires dépasse deux (cas de Fe, Co, Ni), l'A. i. peut se faire vers l'état ${}^{i}p$ avec la conséquence du ferromagnétisme. Le ferromagnétisme de certains alliages de Cr et Mn (CrTe, MnSb, etc.) peut être compris de la façon suivante : l'atome magnétique (Cr ou Mn) est entouré d'électrons à l'état s des atomes sans moment (Te, Sb, etc.); ceci dispense l'atome magnétique d'une A. i. vers ${}^{i}s^2$; elle peut se faire immédiatement vers ${}^{i}p$ (conséquences : Φ, N_0, et ferromagnétisme).

Les données pour le fer permettent la détermination de m_s (avec $M_\Sigma = 2{,}20$ et $M = 2$: $m = 0{,}20\,\mu_B$; avec $N_0 = 12$ et $\beta = 0{,}010$: $m_p = 0{,}12\,\mu_B$; donc $m_s = m - m_p = 0{,}08 = 8\beta\mu_B$). On peut maintenant décrire l'état électronique du fer par le symbole



où les termes $4i$ et $12i$ donnent le nombre des A. i. élémentaires vers ${}^{i}s^2$ et ${}^{i}p$.

En utilisant dans Ni le même terme ${}^{4i}s^2$, donné par le fer, et en tenant compte de l'A. permanente vers s^2 d'un quart des atomes, on obtient pour l'état du nickel le symbole



qui contient la grandeur du moment $[(M_\Sigma = (3.12\beta + 2 + 4\beta)/4 = 0{,}60\,\mu_B]$ et le point de Curie (l'état ${}^{4i}p$ donne $N_\Theta = 4$, $\Theta = 357^\circ$ avec $F = 315^\circ$).

Remarques. — Malgré la forte différence des moments de base des divers atomes de Ni, l'A. i. vers ${}^{i}p$ est homogène (${}^{4i}p$).

Le moment constant $m_s = 0{,}06\,\mu_B$, caractéristique pour les alliages γ est obtenu correctement par l'A. i. vers ${}^{i}s^2$ ($m_s = 3.4\beta/4 = 0{,}06\,\mu_B$). Pourtant dans certains alliages de composition simple (Ni_3Pt recuit, Fe_3Rh; Fe_3Co, Fe_3Ni, FePd) ce moment m_s fait défaut; le resserrement du réseau par la surstructure semble dispenser les atomes magnétiques de l'A. i. vers l'état ${}^{i}s^2$.

Les symboles indiqués pour l'état de Fe et de Ni permettent de calculer leurs constantes de Curie (à 1 % près).

On peut attribuer la multiplicité des moments des paramagnétiques, observée expérimentalement, à des taux différents d'A. i.

MAGNÉTISME. — *Préparations et propriétés magnétiques des ferrites de manganèse et de cobalt.* Note de MM. **Charles Guillaud** et **Henri Creveaux**, présentée par M. Aimé Cotton.

Avec les méthodes de préparation permettant l'obtention de ferrites de manganèse et de cobalt correspondant à la formule exacte (Fe_2O_3Mo) M représentant l'ion métallique bivalent, nous donnons les propriétés ferromagnétiques de ces deux ferrites et en particulier leur moment à saturation.

1. Préparation. — Les conditions de préparation sont très variables, elles dépendent de l'état physicochimique des poudres et en particulier de la grosseur des grains ainsi que de l'atmosphère utilisée et de la pression d'agglomération. Nous avons obtenu des résultats reproductibles entre les températures de 1100° et 1400° C. Le ferrite de manganèse a été préparé dans une atmosphère d'azote et le ferrite de cobalt dans une atmosphère d'oxygène. La faible teneur en oxygène de l'azote utilisé impose la température et le temps de chauffage; c'est ainsi que le ferrite de manganèse, qui fait l'objet de cette publication, a été formé en maintenant les poudres agglomérées à l'aide d'une pression de 8 tonnes/cm², à 1380° C pendant 3 heures.

Nous avons obtenu des résultats identiques en utilisant au départ : soit la cocalcination de nitrates, soit des poudres d'oxydes préparées séparément et intimement mélangées. Les métaux de base, préparés par nous, étaient très purs (99,98 %).

Les rapports atomes de fer/atomes de manganèse et atomes de fer/atomes de cobalt étaient égaux à 2,000 dans le cas de la cocalcination. Pour guider la préparation, on déterminait le pouvoir oxydant ou réducteur du ferrite obtenu, c'est-à-dire l'excès ou le défaut d'oxygène par rapport à la formule $Fe_2O_3.MO$. La limite de précision de cette détermination était, pour le pouvoir réducteur évalué en fer bivalent, de 1/4000 du fer total. Pour le pouvoir oxydant, évalué en Co ou Mn suroxydé, c'est-à-dire non attaqué, elle était de 2/1000 de la quantité totale de ces métaux.

2. Propriétés magnétiques : *a. Ferrite de manganèse.* — Ce ferrite se comporte comme un ferromagnétique très classique : lois d'approche linéaires en T^2 et en 1/H (*fig.* 1). On trouve pour la saturation absolue (moment de 1g à $T=0°K$, $H=\infty$) : $\sigma_{\infty,0}=110,7$; ce qui donne, rapporté à la molécule $Fe_2O_3.MnO$, $\sigma_{m.}=25.529$.

Si, d'après Néel (1), on attribue ce moment à l'atome de manganèse, on a $n=4,56$ μB (magnétons de Bohr).

D'après les petites variations de moment que l'on observe d'un échantillon à

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 190.

l'autre, nous retiendrons $n = 4{,}60\ \mu B$. Nous ajouterons à ces résultats le point de Curie $\theta_f = 295°C$ et les aimantations spontanées données dans le tableau.

$\frac{\sigma}{\sigma_0}$.	$\frac{T}{\theta_f}$.	$\frac{\sigma}{\sigma_0}$.	$\frac{T}{\theta_f}$.	$\frac{\sigma}{\sigma_0}$.	$\frac{T}{\theta_f}$.
0,998	0,044	0,909	0,286	0,786	0,452
0,979	0,136	0,852	0,364	0,756	0,487
0,946	0,220	0,822	0,405	0,736	0,509

b. Ferrite de cobalt. — Ce ferrite présente une anomalie magnétique, les courbes $\sigma = f(T)$ à champ constant de la figure 2, sont à cet égard suggestives. Une étude faite à 20°K nous a montré que l'aimantation spontanée, à cette température, était conforme à celle que l'on pouvait attendre des mesures faites aux températures supérieures à l'anomalie, d'où un même état électronique des couches $3d$ avant et après l'anomalie.

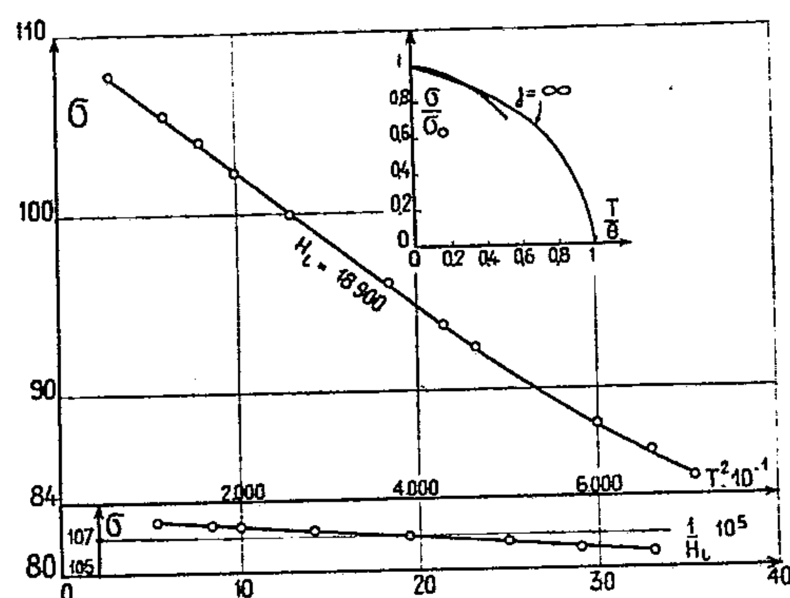


Fig. 1.

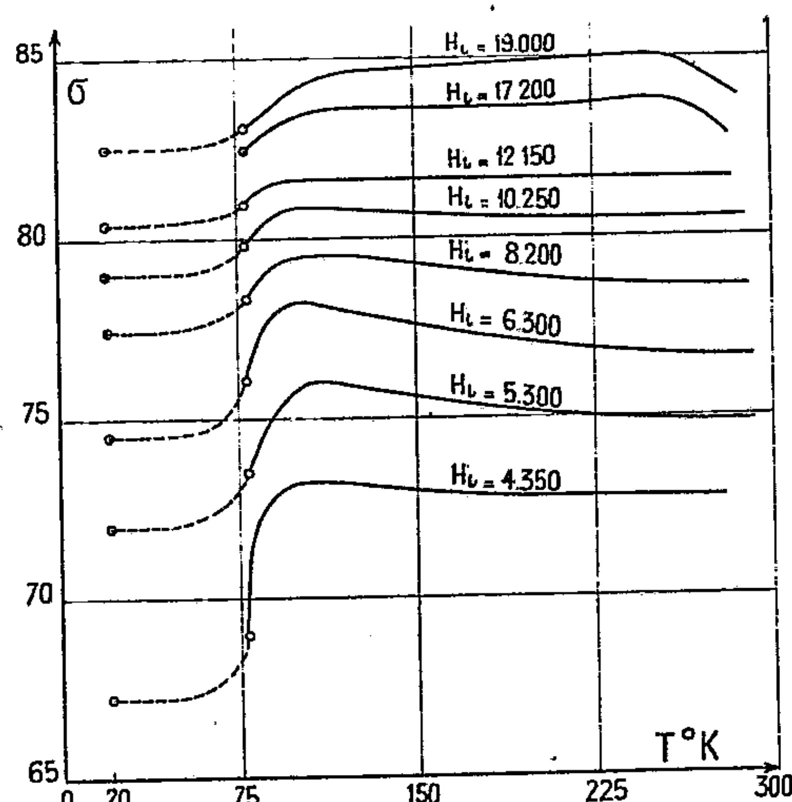


Fig. 2.

Mais du fait de ces singularités, les extrapolations pour l'obtention de $\sigma_{\infty,0}$ sont difficiles; nous donnerons $\sigma_{\infty,0} = 87{,}5 \pm 0{,}5$ et si l'on rapporte ce moment à la molécule $Fe_2O_3.CoO$, on a $\sigma_m = 20.530$. D'où pour l'atome de cobalt [1] $n = 3{,}67\ \mu B$.

Le point de Curie de ce ferrite $\theta_f = 515°C$.

Nous ne donnerons pas les aimantations spontanées, ces dernières étant imprécises.

D'autre part, ce ferrite présente un champ coercitif important et variable avec la température, (320 Oe à 290°K, 1 660 Oe à 77°K).

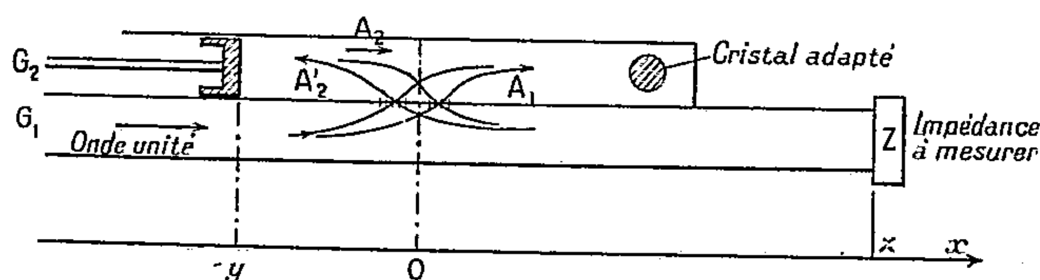
On peut rapprocher l'anomalie d'aimantation de celle étudiée par Weiss et Forrer (²) sur $Fe_2O_3.FeO$

De plus la courbe $\log\rho = f(1/T)$ (ρ étant la résistivité et T la température absolue) a été tracée depuis 60° K, en collaboration avec MM. Bertrand et Martinet. On obtient dans cette représentation logarithmique, de part et d'autre de la transformation, deux droites pratiquement parallèles (cette linéarité est conforme à ce que l'on observe généralement dans le cas des semi-conducteurs) et avec de très fortes résistivités (de l'ordre de 10^{13} à 77° K). L'anomalie qui correspond au raccordement des deux droites paralèlles s'étage de 85 à 93° K.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur un mesureur d'impédances à couplage directif, en hyperfréquence.* Note (*) de MM. **René Musson-Genon** et **Pierre Brissonneau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Cet appareil permet de déterminer les impédances avec la même précision que les mesureurs d'impédances à sonde mobile, tout en étant de construction beaucoup plus simple.

Principe du mesureur d'impédances à couplage directif. — Un couplage directif placé sur la ligne principale G_1 excite un tronçon de guide G_2. Son atténuation est d'environ 20^{db}, et sa directivité est supérieure à 40^{db}, soit infinie à la précision des mesures hyperfréquence.



Le tronçon G_2 est fermé à l'une de ses extrémités par un piston mobile à frottement doux et à l'autre extrémité par un cristal adapté à mieux de 0,99.

Supposons une onde unité venant du générateur $e^{j\left(\omega t-\frac{2\pi x}{\lambda_g}\right)}$. Il lui correspond dans la portion droite de G_2 une onde

$$A_1\, e^{j\omega t} = \eta\, e^{j\left(\omega t-\frac{2\pi x}{\lambda_g}-\Psi\right)},$$

η étant l'atténuation du couplage directif, Ψ la phase introduite par celui-ci et x l'abscisse d'un point courant M. La plus grande partie de l'onde incidente chemine vers l'impédance Z. Une fraction de cette onde y est réfléchie. Il y

(²) *Ann. de Phys.*, 10ᵉ série, 12, 1929.

(*) Séance du 16 janvier 1950.

correspond dans la portion gauche de G_2, en négligeant la diminution de l'onde incidente sur Z

$$A'_2\, e^{j\omega t} = \eta\rho\, e^{j\left(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda g} - \Psi + \varphi - \frac{4\pi z}{\lambda g}\right)}$$

en prenant O comme origine des coordonnées. $\rho e^{j\varphi}$ est la réflexion introduite par l'impédance Z à l'abscisse z. L'onde A'_2 va se réfléchir sans atténuation appréciable sur le piston, en produisant une onde électromagnétique A_2 allant vers la droite dans G_2 définie par

$$A_2\, e^{j\omega t} = \eta\rho\, e^{j\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda g} - \Psi + \varphi - \frac{4\pi(z+y)}{\lambda g}\right)}.$$

Il existe donc dans la portion droite du guide G_2 deux ondes qui, en amplitudes complexes sont représentées par les relations

$$A_1 = \eta,$$

$$A_2 = \eta\rho\, e^{j\left(\varphi - 4\pi\frac{(z+y)}{\lambda g}\right)} = \eta\rho\, e^{j\theta}.$$

L'onde composée est de la forme $A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2\cos\theta z$, η et ρ étant constant, le courant détecté varie avec la position y du piston P. On en déduit, comme pour le mesureur d'impédances à sonde mobile, le taux d'ondes stationnaires par A_{Max}/A_{min} et la phase, à partir de la position d'un minimum.

Précisions et résultats obtenus. — La précision de la mesure est uniquement limitée par les caractéristiques du couplage directif et surtout par l'adaptation du cristal. En adaptant convenablement le couplage, on peut réduire à moins de 1 % son coefficient de réflexion et l'on peut tenir compte dans les mesures du taux d'ondes stationnaires, de l'affaiblissement introduit sur les ondes se déplaçant dans les guides G_1 et G_2. La correction peut être supprimée en permutant le cristal et le piston

L'adaptation du cristal détecteur a été réalisée à mieux de 0,99 en fermant G_1 sur l'impédance caractéristique du guide et en vérifiant que le courant détecté était indépendant de la position du piston P. On a retouché les différents paramètres d'adaptation pour arriver à ce résultat.

Dans ces conditions l'égalité des maxima lorsque le guide G_1 était court-circuité, a été obtenu à mieux de 5/1000. Les mesures de phase se font avec une précision de $\pm 0^{mm},05$.

Si l'on introduit entre le cristal adapté et le couplage directif un atténuateur fixe de 20^{db} environ, adapté à mieux de 0,99, l'adaptation du cristal pourra être moins bonne que précédemment. En particulier on n'aura pas à le réadapter lorsque l'on changera de fréquence. Dans ces conditions la sensibilité de l'appareil est analogue à celle d'un bon mesureur à sonde mobile.

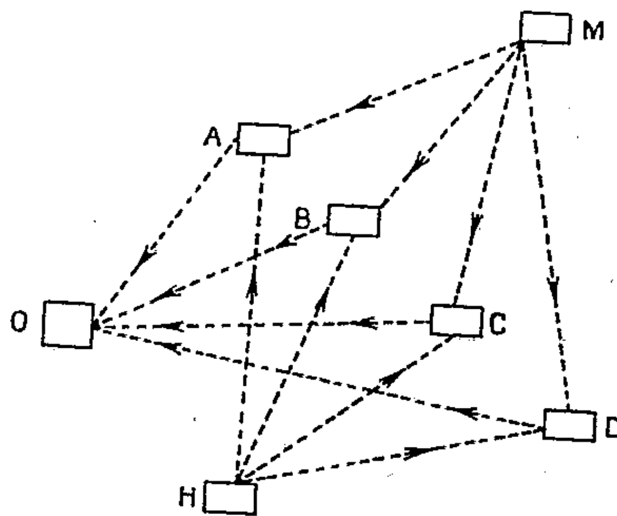
RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur la radiotélémétrie de haute précision.* Note (*) de MM. **Ilia Podliasky** et **Jacques Zakheim**, présentée par M. Louis de Broglie.

La mesure du déplacement d'un mobile s'effectue souvent par la comparaison des phases des oscillations émanant d'un radio-émetteur porté par le mobile et reçues aux points fixes (bases). Cette comparaison devient délicate en très hautes fréquences et avec des émetteurs de très faible encombrement (ballons-sonde, fusées d'exploration, etc.).

Friis a montré ([1]) que dans le changement de fréquence par battements, le déphasage entre les ondes de moyenne fréquence est égal au déphasage entre les ondes de haute fréquence, si la source hétérodyne est commune.

Hastings ([2]) a appliqué le procédé des battements à la mesure de vitesse d'un avion et a reconnu que la précision de la méthode n'est limitée que par les variations de fréquence de l'émetteur mobile et par les phénomènes de propagation.

Pour tirer le meilleur parti du procédé, *il faut connaître avec précision la fréquence du mobile et stabiliser la fréquence des battements.* En étudiant ces deux problèmes, nous avons élaboré un procédé de radio-télémétrie, dont la précision n'est plus limitée que par les variations de la vitesse de phase des ondes hertziennes. Pour définir à chaque instant le parcours du mobile aérien M, portant un émetteur de fréquence m, on dispose au sol : des récepteurs aux quatre bases, A, B, C, D, un émetteur hétérodyne H (fréquence h) et un poste d'observation O.



Les différences des distances $\overline{MA}$, $\overline{MB}$, $\overline{MC}$, $\overline{MD}$ sont fournies par les déphasages des ondes de battements, de fréquence h-m, produites après démodulation en A, B, C, D, et retransmises en O (par des émetteurs appropriés), où s'opèrent la mesure et l'enregistrement des phases.

([1]) *P. I. R. E.*, 13, 1925, p. 689.

([2]) *Naca Aer.*, février 1943.

Dans nos expériences préliminaires, l'émetteur se mouvait entre deux récepteurs A, B. Nous avions : $m = 90\,000$ kc/sec, $h = 90\,000 + 7$ kc/sec. La mesure entre o et 2π s'effectuait à l'aide d'un phasemètre à asservissement. La mesure des rotations complètes de phase ($2K\pi$) s'effectuait par un moteur synchrone. Le spot d'un oscilloscope auxiliaire décrivait une circonférence complète chaque fois que le mobile avançait de $\lambda : 2 = 1^m,65$. *Le déplacement de* 1^{cm} *du mobile était mesurable.* La photographie sur bande du spot tournant fournissait des cycloïdes aisément dénombrables.

Bien que stabilisée par quartz piézoélectrique, la fréquence m dérivait; pour 33° C les battements variaient de plus d'une octave. Nous avons employé simultanément plusieurs procédés, les uns pour réduire au minimum la dérive des battements et pour mesurer celle-ci, les autres pour éviter sa répercussion sur la production du champ tournant, servant au comptage des rotations de phase ($2K\pi$).

Dans l'un de ces procédés, la fréquence h était asservie aux variations de m, au moyen d'un discriminateur centré sur 7 kc/sec et actionnant un micro-moteur calé sur le rotor d'un condensateur du circuit stabilisateur de H; la fréquence h suivait donc les variations de m, quand celles-ci n'étaient pas trop rapides pour ce servo-mécanisme.

Des procédés d'asservissement plus rapide ont également été étudiés. L'appareillage d'asservissement de h à m sert simultanément à *l'enregistrement de la dérive de m en fonction du temps;* ce qui permet une correction ultérieure de l'enregistrement. D'autre part, les variations résiduelles des battements pouvant compromettre la production du champ tournant circulaire, nous avons établi des circuits déphaseurs tels que leurs tensions soient en quadrature très approchée sur toute une bande de fréquences.

Les expériences effectuées dans les Laboratoires de l'Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques ont été suivies d'essais de restitution de trajectoires de fusées supersoniques, construites et lancées par la Direction des Études et Fabrications d'Armement.

Nous avons pu vérifier ainsi le parfait comportement de l'émetteur de bord, ainsi que du matériel au sol.

Avec nos procédés de mesure et de correction de la dérive, la précision *instrumentale* peut être de l'ordre de 10^{-5}, et la précision totale de la méthode n'est limitée que par les variations de la vitesse de propagation dans la troposphère et au voisinage du sol.

Dans le problème de restitution des mouvements des engins aériens, cette précision est nécessaire pour la mesure des vitesses et des accélérations. En émettant sur le mobile deux fréquences différentes (pouvant être dérivées d'une source commune), l'une par une antenne placée en tête, l'autre en queue de l'engin, il est possible de restituer séparément ses mouvements de tête et de queue, et d'en déduire les mouvements giratoires de l'engin autour de son centre de gravité; l'influence de l'hétérogénéité de la troposphère est ici réduite au minimum.

En rendant fixes tous les émetteurs et récepteurs, il est possible d'appliquer notre méthode à l'étude de la formation des conduits atmosphériques. Nous comptons revenir également sur le comportement du procédé dans les milieux réflecteurs ou réfracteurs, tels que l'ionosphère.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Rayons principaux pour une famille de lentilles et de miroirs électroniques.* Note (*) de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

Je donne ici des équations explicites pour les rayons fondamentaux de Gauss, dans une famille de lentilles et de miroirs électroniques symétriques à trois diaphragmes. Les coefficients dans ces formules sont exprimés directement en fonction des dimensions des électrodes et des tensions qui leur sont appliquées.

Les notations et formules des Notes précédentes ([1]) étant conservées, nous remplacerons la quartique du potentiel par l'ensemble des formes tangentes qu'on obtient en développant l'expression $\Phi(z)=mz^4+nz^2+p$ au voisinage des points $z=0$ et $z=\pm z_0$. On a dans les régions d'incidence et d'émergence $\Phi_1(z)=\Phi(z_0)-2n(z\pm z_0)^2$, dans la région centrale $\Phi_2(z)=\Phi(0)+nz^2$.

Les relations $\Phi_1(\zeta)=\Phi_2(\zeta)$ et $\Phi'_1(\zeta)=\Phi'_2(\zeta)$, fournissent les points de séparation des trois régions $\zeta=\pm(2/3)z_0$ et $n=(3/2)[\Phi(z_0)-\Phi(0)/z_0^2]$. On peut dès lors écrire les équations différentielles de la trajectoire de Gauss.

1. Domaine des lentilles $0<[\Phi(0)/\Phi(z_0)]<1$. On a : *a.* pour la région centrale

$$[\Phi(0)+nz^2]\frac{d^2r}{dz^2}+nz\frac{dr}{dz}+\frac{n}{2}r=0; \tag{1}$$

b. Pour les régions d'incidence et d'émergence

$$[\Phi(z_0)-2n(z\pm z_0)^2]\frac{d^2r}{dz^2}-2n(z\pm z_0)\frac{dr}{dz}-nr=0. \tag{2}$$

Posons

$$x=\frac{\Phi(0)}{\Phi(z_0)},\quad \alpha=\sqrt{\frac{n}{\Phi(0)}}=\frac{1}{z_0}\sqrt{\frac{3}{2}\cdot\frac{1-x}{x}},\qquad \beta=\sqrt{\frac{2n}{\Phi(z_0)}}=\frac{1}{z_0}\sqrt{3(1-x)}.$$

Pour les rayons initialement parallèles à l'axe, la résolution de (1) et (2) fournit alors

$$(3)\quad\begin{cases}\text{Région d'incidence : } r_1=r_0\,\text{ch}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}}\arcsin\beta(z+z_0)\right].\\ \quad\text{« centrale : } r_2=\text{A}\cos\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}}\text{arc sh}\,\alpha z-\varphi\right],\\ \quad\text{« d'émergence : } r_3=\text{BF}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}}\arcsin\beta(z-z_0)-\psi\right].\end{cases}$$

(*) Séance du 20 mars 1950.

([1]) E. Regenstreif, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 630-734.

La continuité de la trajectoire et de sa dérivée permet de déterminer les coefficients A, B, φ et ψ du groupe (3). En posant, pour abréger

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\,\text{arc sh}\,\frac{2\alpha z_0}{3} = \alpha_0 \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{\sqrt{2}}\,\text{arc sin}\,\frac{\beta z_0}{\zeta} = \beta_0,$$

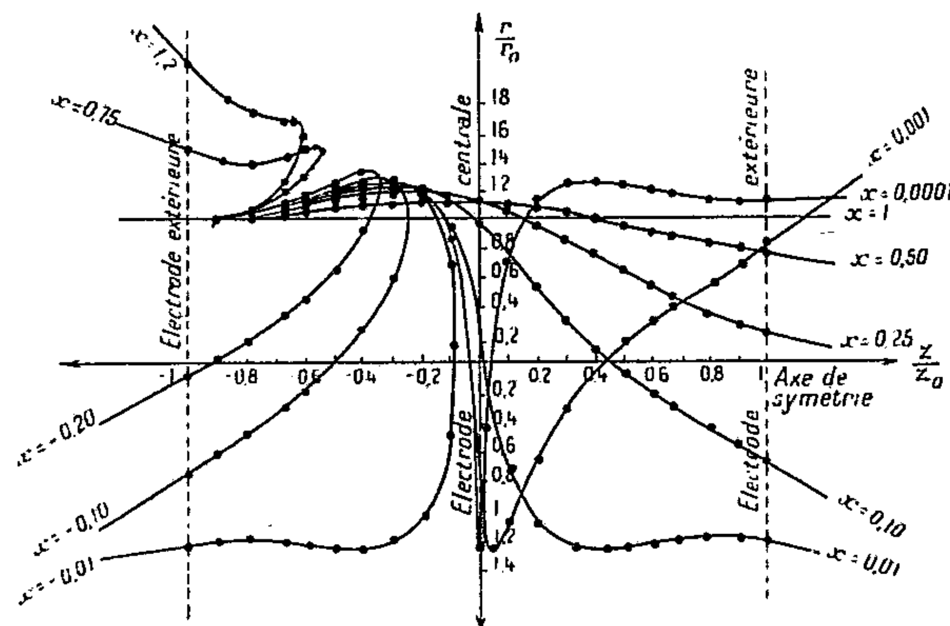
on obtient d'abord

$$(4) \qquad A^2 = r_0^2(1 + 3\,\text{sh}^2\beta_0), \qquad \varphi = \text{arc tg}\sqrt{2}\,\text{th}\,\beta_0 - \alpha_0$$

et pour B et ψ suivant $K = \left|(1/\sqrt{2})\,\text{tg}(\alpha_0 - \varphi)\right|$

$$(5_1)\quad \begin{cases} K < 1, \\ B^2 = A^2\left[1 - \frac{3}{2}\sin^2(\alpha_0 - \varphi)\right], \\ \psi = \text{arc th}\,\frac{1}{\sqrt{2}}\,\text{tg}(\alpha_0 - \varphi) - \beta_0, \\ F = \text{ch}, \end{cases} \qquad (5_2)\quad \begin{cases} K > 1, \\ B^2 = A^2\left[\frac{3}{2}\sin^2(\alpha_0 - \varphi) - 1\right], \\ \psi = \text{arc th}\sqrt{2}\,\cot(\alpha_0 - \varphi) - \beta_0, \\ F = \text{sh}. \end{cases}$$

2. Domaine des miroirs $-2 < [\Phi(0)/\Phi(z_0)] < 0$.



Trajectoires des électrons dans le système lentille-miroir électrostatique en fonction du paramètre fondamental $x = \frac{\Phi(0)}{\Phi(z_0)}$.

La résolution des équations différentielles (2) et (3) fournit dans ce cas

$$(3')\quad \begin{cases} r_1 = r_0\,\text{ch}\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\,\text{arc sin}\,\beta(z + z_0)\right], \\ r_2 = A\cos\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\,\text{arc ch}\,|\alpha' z| - \varphi\right], \\ r_3 = BF\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\,\text{arc sin}\,\beta(z + z_0) - \psi\right], \end{cases}$$

avec $\alpha' = i\alpha$, $(i = \sqrt{-1})$

En posant encore, pour abréger $1/\sqrt{2}\,\mathrm{arc\,ch}\,|2\alpha' z_0/3| = \alpha'_0$, on obtient, comme précédemment

$$(4') \qquad A^2 = r_0^2(1 + 3\,\mathrm{sh}^2\beta_0), \qquad \varphi = \alpha'_0 - \mathrm{arc\,tg}\sqrt{2}\,\mathrm{th}\beta_0,$$

et suivant les valeurs de $K' = |1/\sqrt{2}\,\mathrm{tg}(\alpha'_0 + \varphi)|$,

$$(5'_1) \begin{cases} K' < 1, \\ B^2 = A^2\left[1 - \dfrac{3}{2}\sin^2(\alpha'_0 + \varphi)\right], \\ \psi = \beta_0 - \mathrm{arc\,th}\,\dfrac{1}{\sqrt{2}}\mathrm{tg}(\alpha'_0 + \varphi), \\ F = \mathrm{ch}, \end{cases} \qquad (5'_2) \begin{cases} K' > 1, \\ B^2 = A^2\left[\dfrac{2}{3}\sin^2(\alpha'_0 + \varphi) - 1\right], \\ \psi = \beta_0 - \mathrm{arc\,th}\sqrt{2}\cot(\alpha'_0 + \varphi), \\ F = \mathrm{sh}. \end{cases}$$

Application. — Le miroir est convergent pour $x > -1/2$, divergent pour $x < -1/2$, le point de réflexion est donné par $z_i = -1/\alpha'$.

Les formules (3) (3′) et les relations complémentaires (4) (4′) et (5) (5′) définissent entièrement et de manière pratique les rayons principaux dans la lentille électrostatique indépendante et le miroir correspondant. Elles permettent d'établir toutes les caractéristiques importantes du système lentille-miroir (éléments cardinaux, intersections, régions de fonctionnement, etc.) en fonction du paramètre fondamental $x = \Phi(0)/\Phi(z_0)$ déterminé antérieurement [1]. La figure, qui montre les trajectoires ainsi calculées, est un graphique universel, applicable à toutes les lentilles symétriques et les miroirs qui s'y rattachent pourvu que $-2 < x < 1$.

OPTIQUE. — *Interférence des deux faisceaux émergeant d'une lame de Lummer-Gehrcke.* Note de MM. **E. Charron** et **Norbert Ségard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note [1] nous avons signalé l'existence de franges, que nous appellerons franges F, dues à l'interférence des deux faisceaux sortant, sous l'énergence rasante, des deux faces opposées d'une lame de Lummer, mais elles étaient très fugaces, disparaissant souvent sans cause apparente et nous n'étions alors parvenus ni à les obtenir systématiquement ni même à les conserver. Actuellement nous y sommes arrivés de plusieurs manières différentes, ce qui nous a permis d'étudier leurs propriétés très particulières.

Il faut, évidemment, avoir le plus de lumière possible dans la direction de l'émergence rasante. Nous utilisons habituellement une lampe à vapeur de mercure et spécialement la raie verte.

Première méthode. — La lampe fonctionnant à faible régime pour que les

---

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1411.

raies soient bien monochromatiques, et la première frange de Lummer se formant alors, assez fine, sous une émergence quelconque, voisine de 90°, nous déplaçons cette première frange de façon à l'amener juste à l'émergence rasante en modifiant un peu la température de la lame ou plutôt l'indice du gaz ambiant; pour cela la lame est placée dans un mélange d'air et de CO^2 en proportion réglable. Nous avons pu obtenir ainsi très nettement les franges F dans les raies verte, violette et même dans le doublet des deux raies jaunes superposées, les deux systèmes de franges correspondant à ces deux raies se trouvant alors à peu près en concordance.

Deuxième méthode. — Nous augmentons progressivement le régime de la lampe de façon à étaler les franges de Lummer par suite de l'élargissement de la raie verte. Lorsque la lumière arrive ainsi au centre de champ (émergence rasante), les franges F apparaissent généralement. Elles sont dues à la longueur d'onde λ, qui donne un maximum de Lummer sous l'émergence rasante; les λ voisines de la même raie verte donnent leur maximum dans des directions nettement différentes et ne troublent pas sensiblement les franges F. Ainsi, bien que la lumière utilisée ne soit plus très monochromatique, au point que les franges de Lummer peuvent disparaître dans un éclairement uniforme, les franges F subsistent malgré la grande valeur de la différence de marche δ entre les deux faisceaux qui les produisent ($\delta = 5322\,\mu$) : la lame joue, d'une certaine manière, le rôle de monochromateur. Cependant cette méthode ne permet pas l'obtention systématique des franges F. Cela doit provenir de ce que, au faible régime de la lampe, l'émergence rasante correspond alors à un minimum de Lummer, c'est-à-dire que, entre les faisceaux successifs sortant d'un même côté de la lame, par exemple de la face horizontale supérieure, $\delta = 2ne\cos L$ ($L =$ angle limite) $= [k + (1/2)]\lambda$.

Or, les faiseaux sortant par la face inférieure présentent respectivement, par rapport aux précédents, $\delta/2 = ne\cos L$ environ, en sorte que les faisceaux résultants qui interfèrent entre eux pour donner les franges F présentent sensiblement, l'un sur l'autre ce $\delta/2$. Lorsque la lampe est poussée, et que la lumière arrive sous l'incidence rasante, elle provient des deux bords de la raie spectrale élargie; l'un d'eux donne $\delta = k\lambda$ et l'autre $(k \neq 1)\lambda$ et alors, entre les deux faisceaux qui interfèrent pour donner les franges F, $(\delta/2) = k(\lambda/2)$ ou $(k+1)\lambda/2$, ce qui donne deux systèmes de franges F en discordance.

Troisième méthode. — Nous plaçons, sur le faisceau qui sort de la face supérieure de la lame et qui est en avance sur l'autre d'environ $\delta/2 = ne\cos L$, une lame de verre auxiliaire L′ (épaisseur e', indice n') capable de produire sous une incidence i' convenable un retard $\delta' = e'(n'\cos r' - \cos i')$ à peu près égal à $\delta/2$. Nous voyons alors apparaître les franges F dans les raies verte, violette, dans la double raie jaune, la lampe étant cependant très poussée, et même en lumière incidente blanche. Cela arrive pour $i' = 45°33'$, d'où $\delta' = 5322\,\mu$.

Ce résultat est tout naturel; mais le suivant est plus curieux et peut même

paraître tout d'abord paradoxal. Lorsque la lame auxiliaire L' est placée, sous la même incidence, sur le faisceau qui sort de la face inférieure, les franges F apparaissent pareillement, même en lumière blanche. Cela s'explique cependant en remarquant que si les deux faisceaux qui interfèrent présentent alors la différence de marche $\delta = 2ne\cos L$ qui est très grande, néanmoins leur déphasage est nul pour toutes les λ qui donnent un maximum dans la région des franges F puisque, pour ces λ, $\delta = 2ne\cos L = k\lambda$.

L'obtention systématique des franges F nous a permis de les photographier, même en lumière incidente blanche, et de mesurer ainsi avec plus de précision leur espacement, ce qui a confirmé les résultats antérieurs.

Voici enfin quelques autres particularités de ces franges. Si la lame L' est légèrement prismatique (moins de 10^{-4} radian), il est en général impossible de les obtenir. C'est qu'en effet cela fait interférer, dans le plan focal de la lunette, des rayons du faisceau supérieur avec des rayons du faisceau inférieur n'ayant pas suivi une direction exactement parallèle dans la lame; ils proviennent donc de régions différentes de la fente du collimateur et sont incohérents. On peut cependant obtenir les franges, mais à condition d'orienter cette lame L' de façon que l'arête du prisme soit parallèle à la lame de Lummer. Par ailleurs, lorsque l'axe de la lame de Lummer est dans le plan d'incidence sur la lame L', l'espacement des franges augmente ou diminue avec i' suivant le sens de cet angle. Si, ensuite, on fait un peu tourner L' autour d'un axe vertical, les franges ne sont plus horizontales. Tout cela s'explique par le fait que le retard produit par L' augmente avec l'incidence des rayons.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur l'exaltation de la sensibilité spectrale à* 3500 Å *observée avec des émulsions au bromure d'argent pur.* Note de Mme **Arlette Vassy**, et M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons dans de précédents travaux ([1]) ([2]) ([3]) rendu compte de nos expériences sur des émulsions genre Lippmann et montré qu'il apparaissait après un certain délai un important renforcement de la sensibilité spectrale au voisinage de 3500 Å. Ces expériences ont été poursuivies avec une source de lumière différente, un tube à hydrogène.

Nous avons d'abord examiné comment le choix de la densité influait sur la courbe de sensibilité spectrale; en effet, en raison de la variation rapide de la pente de la courbe caractéristique entre 4000 et 2800 Å, lorsque l'on passe de la densité 0,10 à la densité 1,00, la courbe se déforme progressivement, la région au-dessous de 3000 Å se trouvant de plus en plus favorisée par rapport

([1]) A. et E. Vassy et P. Schonne, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 910.
([2]) A. et E. Vassy, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 55.
([3]) A. Vassy, *Sc. et Ind. Phot.*, 20, 1949, p. 368.

à 2300-3000 Å. C'est pour cette raison qu'aux densités supérieures ou égales à 1,00, alors que la courbe de sensibilité spectrale présente un important maximum à 3750 Å, on ne peut plus observer une évolution.

De la même façon, dans l'étude des conditions d'apparition de la bande de sensibilité vers 3500 Å, le choix de la densité intervient sur la longueur d'onde de ce maximum qui se trouve à 4000 Å, pour la densité 1,00 à 3750 pour les densités 0,50 à 0,30, et peut n'être qu'un simple épaulement à 3000 Å pour de très faibles densités.

Nous avons également fait varier un facteur nouveau : le rapport des masses de nitrate d'argent et de bromure d'ammonium mis en présence au moment de la préparation de l'émulsion. Pour cela, nous avons opéré sur des émulsions partant des trois compositions suivantes :

1.	2.	3.
0,60 g de NO_3Ag	0,60 g de NO_3Ag	0,60 g de NO_3Ag
0,40 g de $BrNH_4$	0,44 g de $BrNH_4$	0,36 g de $BrNH_4$,

chaque mélange donnant trois émulsions différentes selon les temps de maturation après étendage qui étaient, la première non mûrie, la seconde mûrie 1 heure et la troisième mûrie 2 heures.

Nos résultats montrent qu'à toutes les densités et pour toutes les durées de maturation, *les émulsions du type 2, contenant le plus grand excès de bromure, présentent avec une beaucoup plus grande ampleur le renforcement de la bande à* 3500 Å. A titre d'exemple, pour des émulsions mûries une heure et stockées un mois, et pour la densité 0,50, les courbes de sensibilité spectrale présentent les aspects suivants

Émulsion type 3 (la moins riche en bromure), un maximum secondaire est apparu à 3500 Å;

Émulsion type 1 (moyenne), le maximum à 3500 Å atteint deux fois environ la valeur du maximum primitif à 2400 Å;

Émulsion type 2 (la plus riche en bromure), le maximum à 3500 Å a pris une telle importance que le maximum à 2400 est à peine présent sous forme d'une faible bosse, la sensibilité à 3500 étant plus de trois fois plus grande qu'à 2400 Å.

Pour résumer nos expériences, on voit apparaître une bande de sensibilité au voisinage de 3500 Å, et l'on observe que trois éléments agissent concurremment et dans le même sens :

1° la durée de stockage;
2° la durée de maturation;
3° la teneur en bromure au moment de la préparation.

Si les deux premiers facteurs paraissent assez liés en ce sens que l'on peut obtenir en général le même effet dans un temps moindre en élevant la tempé-

rature, le troisième est d'une nature bien différente et il est intéressant de rechercher pour quelle raison il peut avoir la même action que les deux autres; cette raison pourrait éclairer les mécanismes de formation de l'image latente.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur l'éventualité d'une excitation due à un processus électromagnétique des noyaux des plaques photographiques par les noyaux légers rapides.* Note de M. **Bernard d'Espagnat**, présentée par M. Louis de Broglie.

On cherche s'il est possible qu'un noyau au repos soit excité par le passage d'un noyau rapide fortement ionisé sans qu'il y ait choc nucléaire proprement dit. On conclut que cette éventualité semble très peu probable sous les hypothèses habituelles.

On sait que le rayonnement cosmique primaire contient, en plus d'une majorité de protons, une certaine quantité de noyaux plus lourds, de $Z < 25$: on peut observer ces noyaux au moyen des plaques photographiques exposées à haute altitude où ils laissent des traces épaisses à cause de leur charge électrique élevée.

Il arrive que l'on observe, se détachant de ces grosses traces, des traces secondaires trop épaisses ou trop longues pour être attribuables à des rayons δ alors que cependant aucune explosion n'est discernable ni d'un éventuel noyau au repos situé sur le parcours du noyau rapide (étoile) ni du noyau rapide lui-même (gerbe) (¹). On s'est demandé s'il ne fallait pas voir là la manifestation d'une excitation électromagnétique d'un noyau situé à proximité de la trajectoire du noyau incident, excitation qui aurait été juste suffisante pour provoquer l'évaporation d'un proton ou d'une particule α.

On peut soumettre ce problème au calcul suivant un procédé, suggéré par le Professeur Wheeler (²), qui consiste à décomposer le champ électrique entourant le noyau incident en un nuage de photons virtuels suivant la méthode de Weissäcker et Williams et à utiliser ensuite la loi semi-empirique (³) $\sigma = Ck^3$ donnant la section efficace d'absorption des photons par les noyaux (k énergie du photon, $C = 0{,}65 \cdot 10^{-29}$). Le nombre $p(k)\,dk$ de photons virtuels d'énergie k traversant l'unité d'aire à une distance b de la trajectoire est évidemment donné, si S_x est la composante du vecteur de Poynting du champ parallèle à la trajectoire, par

$$\int_{-\infty}^{+\infty} S_x\,dt = \int_0^{\infty} kp(k)\,dk.$$

(¹) Hoang Tchang Fong, *Thèse*, Paris 1950 (à paraître).

(²) Communication privée.

(³) Weisskopf, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 318.

Le calcul de $p(k)$ à partir de cette formule est bien connu : pour une particule incidente non relativiste de charge Ze et de vitesse v il vient

$$(1) \qquad p(k)\,dk = \frac{Z^2 e^2}{4\hbar v}\,\frac{k\,dk}{\hbar^2 v^2}\,|\,H_1^{(1)}(iz)\,|^2, \qquad z = \frac{kb}{\hbar v},$$

$H_1^{(1)}$ étant la fonction de Hankel de première espèce. Pour z petit

$$H_1^{(1)}(iz) \sim -\frac{2}{\pi}\,\frac{1}{z},$$

alors que pour z grand $H_1^{(1)}(iz)$ tend exponentiellement vers zéro ; d'où sensiblement

$$p(k)\,dk = \frac{Z^2 e^2}{\pi^2 \hbar v b^2}\,\frac{dk}{k} \qquad \text{pour} \quad k < \frac{\hbar v}{b},$$

$$p(k)\,dk = 0 \qquad \text{pour} \quad k > \frac{\hbar v}{b}.$$

Introduisant maintenant la section efficace de capture des photons par le noyau au repos, il vient pour la probabilité P d'excitation de ce noyau par capture d'un des photons virtuels et pour l'énergie d'excitation moyenne probable W :

$$P = \int_0^{\frac{\hbar v}{b}} p(k)\,\sigma(k)\,dk = \frac{Z^2 e^2}{3\pi^2}\,C\,\frac{\hbar^2 v^2}{b^3} \sim 0{,}04\,\frac{\beta^2 A^{\frac{1}{3}}}{\lambda^3},$$

$$W = \int_0^{\frac{\hbar v}{b}} k\,p(k)\,\sigma(k)\,dk = \frac{Z^2 e^2}{4\pi^2}\,C\,\frac{\hbar^3 v^3}{b^6} \sim 4{,}7\,\frac{\beta^3}{\lambda^6},$$

$\beta = (v/c)$, $\lambda = (b/R)$, R rayon du noyau incident de nombre de masse A. Il s'agit là comme on le voit de quantités très faibles dès que le rapport λ est un tant soit peu supérieur à 1.

Dans le cas de particules incidentes fortement relativistes l'équation (1) doit être remplacée par [4]

$$p(k)\,dk = \frac{Z^2 e^2}{4\hbar c \gamma^2}\,\frac{k\,dk}{\hbar^2 c^2}\,|\,H_1^{(1)}(iz)\,|^2, \qquad z = \frac{bk}{\gamma \hbar c}, \qquad \gamma = (1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}}.$$

On constate aisément que ceci revient à multiplier P par γ^3 et W par γ^4. Une incertitude dans ces calculs aux hautes énergies provient cependant du fait que l'on ignore la loi $\sigma(k)$ pour $k \geq 40$ MeV (c'est-à-dire pour les longueurs d'ondes plus petites que le rayon moyen des noyaux). Considérons par exemple un proton d'énergie γM agissant sur un noyau situé à la distance $b = \lambda r_0$ de sa trajectoire ; à cette distance il existe des photons virtuels d'énergie allant jusqu'à $\sim k_{\max} = (\gamma \hbar c/b) \sim (137\gamma/\lambda)$ MeV.

---

[4] HEITLER, *Quant. Th. Rad.*, 2e éd., appendice.

Ceux de ces photons dont l'énergie est $\lesssim 40$ MeV sont absorbés suivant la loi précédente :

$$W_1 = \int_0^{40\,\text{MeV}} k p(k) \sigma(k)\, dk \sim 0{,}1\, \lambda^{-2}\,\text{MeV}.$$

Quant aux photons d'énergie supérieure s'ils existent (c'est-à-dire si $\gamma/\lambda > 0{,}3$), ils sont certainement absorbés avec une section efficace non croissante, d'où une énergie inférieure à

$$W_2 = \int_{40\,\text{MeV}}^{k_{\max}} k p(k) \sigma(40\,\text{MeV})\, dk \sim 0{,}13\, \lambda^{-2} \left(\frac{\gamma}{\lambda} - 3\right) \text{MeV}.$$

Ainsi, si $\lambda > 1$, $W = W_1 + W_2$ ne peut atteindre le premier niveau d'excitation des noyaux que pour γ extrêmement grand ($\gamma M > 10^{11}$ eV).

Nous devons donc conclure que les phénomènes nucléaires du type décrit plus haut sont dus en majeure partie à un processus d'impact direct ([5]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des rayonnements* γ *de* ${}^{99}_{42}$Mo *en équilibre avec* ${}^{99}_{43}$Tc. Note de Mme **Nadine Marty**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le ${}^{99}_{42}$Mo de période 66 h est obtenu comme produit de fission de l'uranium, il se désintègre par émission β^- et donne ${}^{99}_{43}$Tc qui existe soit dans un état excité de période 6,6 h, soit à l'état fondamental, se désintégrant lui-même par rayonnement β avec une période très longue.

Plusieurs auteurs ont étudié les photons émis par ces deux corps, mettant en évidence une raie de conversion provenant d'un photon de 136 keV. Mandeville ([1]) a signalé aussi un rayonnement γ de 0,71 MeV. Miller et Curtiss ([2]) ont déterminé par effet photoélectrique des raies de 0,24 et 0,75 MeV, Swartz a indiqué des photons de 770, 815, 840 Mev.

Nous avons repris cette étude à l'aide d'un spectromètre à focalisation semi-circulaire muni de deux compteurs en coïncidence. Des sources de plusieurs centaines de microcuries ont été obtenues à l'aide de la pile et préparées au Commissariat à l'Énergie atomique par Mlle Beydon. Le produit était placé dans une capsule de laiton et l'on mesurait soit les électrons Compton, soit les électrons photoélectriques produits dans un diffuseur mince placé sur la cap-

([5]) Notons toutefois que certains indices donnent à penser que la section efficace de choc nucléaire entre noyaux rapides pourrait être inférieure à la section efficace géométrique. S'il en était ainsi il ne serait pas absurde de prendre $\lambda < 1$ et le processus étudié dans cette Note deviendrait alors possible. Un autre procédé de calcul, basé sur le schéma de la goutte liquide, conduit à des conclusions sensiblement identiques.

([1]) *P. R.*, 73, 1948, p. 808.

([2]) *P. R.*, 70, 1946, p. 983.

sule. Plusieurs diffuseurs ont été utilisés : U, Pb, Au (20$^{\mu}$, 4$^{\mu}$, 0$^{\mu}$,5), Ag, Cu de la capsule.

Les résultats obtenus sans diffuseurs ont été les suivants, où $\beta\rho$ est la quantité de mouvement et E_c l'énergie maxima des électrons Compton, $h\nu$ étant l'énergie du photon correspondant.

$\beta\rho$ (gauss cm).	E_c (keV).	$h\nu$ keV.	Intensités relatives.
800	53,5	145±8	–
3060	540	730±10	10
3260	591	795±10	3,5
3460	645	840±10	2

Par effet photoélectrique les raies obtenues ont été, avec les différents diffuseurs (E_K et E_L sont les énergies de liaison des niveaux K et L des éléments utilisés comme difluseurs) :

Diffuseurs.	$\beta\rho$ (gauss/cm).	W (keV).	W + E_K (keV).	W + E_L (keV).
U	1220	117,6	–	139,3
	3380	624	740	–
	3550	670,5	786	–
	3180	732,5	848	–
Pb	772	50,8	137,8	–
	1245	121,8	–	137,6
	3480	651	738,6	–
	3670	704	778	–
Au	815	57	137,5	–
	1260	124,5	–	139
	3550	670	750	–
Ag	1180	110,5	136	–
Cu	1285	128,4	137,5	–

En ne considérant que la raie de 117,6 keV obtenue avec un diffuseur d'uranium, nous pouvons l'attribuer à l'effet photoélectrique dans la couche K d'un photon de 233,4 keV en accord avec la valeur 240 keV donnée par Miller et Curtiss; mais en l'absence de raies correspondant à cette énergie avec d'autres diffuseurs, nous avons attribué cette raie à l'effet photoélectrique dans la couche L, la raie $h\nu - E_K$ très peu énergique étant difficile à détecter.

Avec le diffuseur d'uranium, nous pouvons évaluer les intensités relatives des photons énergiques $I_{740}/I_{786}/I_{848} = 10/4/2$.

D'après la surface des raies photoélectriques avec un diffuseur d'or de 4$^{\mu}$, épaisseur faible devant le parcours des électrons, pour lequel l'efficacité ne dépend que du coefficient d'absorption relatif à l'énergie considérée, nous pouvons estimer le rapport d'intensité des raies de 138 keV et 740 keV $= I_{138}/I_{740} = 0,5$. Avec un diffuseur d'or de 0,5$^{\mu}$, on peut évaluer l'intensité relative des raies photoélectriques K et L des photons de 138 keV à $I_L/I_K = 0,3$;

ceci est en désaccord avec les valeurs données théoriquement, ce rapport étant égal à 0,11 dans le cas considéré en prenant des formules non relativistes ([3]) deviendrait de l'ordre de 1/4 ou 1/5 dans le cas relativiste où $h\nu/mc^2 \gg 1$. Des désaccords expérimentaux ont d'ailleurs déjà été signalés dans le travail de Hall ([3]).

Peu de valeurs expérimentales ont été données pour ce rapport et il nous semble que la technique spectrométrique doit permettre de préciser certaines valeurs numériques dans la région mal connue où 0,1 MeV $< h\nu <$ 0,5 MeV.

${}^{99}_{42}$Mo en équilibre avec ${}^{99}_{43}$Tc* émet donc des photons de 138 ± 1 keV (valeur en bon accord avec celle obtenue par les électrons de conversion mis en évidence par ailleurs et correspondant à un photon de 137 ± 1 keV), 740 ± 2 keV, 782 ± 6 keV, 845 ± 10 keV, les deux dernières raies étant nettement moins intenses.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité naturelle de l'atmosphère.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Jean Cabannes.

A haute altitude (en vol) et à l'air libre (en montagne, au Puy de Dôme), le radium A naturel se fixe sur un récepteur chargé positivement. A haute altitude (8000^m); il existe des masses d'air riches en radon. En montagne le radon du sol s'écoule par les fissures à la base de la montagne, lorsque l'air est plus chaud que l'intérieur du sol.

1. Au cours des vols d'altitude et des travaux au sommet du Puy de Dôme que nous avons effectués de 1946 à ce jour, nous avons été amené à étudier, outre la répartition du corps radioactif inconnu A décelé pour la première fois le 20 juillet 1946 ([1]), la radioactivité naturelle de l'air libre. Même à grande altitude, des traces de thoron ont pu être décelées; nous les avons évaluées par l'équivalent en curie de radon par centimètre cube d'atmosphère explorée.

2. La teneur maxima en radon observée en vol, $0,76.10^{-16}$ curie/cm^3 a été trouvée dans un système de cumulo-nimbus à grêle (1er juillet 1946). Nous avons expliqué ce fait par l'ascension rapide de masses d'air en provenance du voisinage du sol. Mais il est également à remarquer que l'on trouve de fortes teneurs à haute altitude en dehors de systèmes nuageux à évolution ascendante rapide; on est alors en droit d'admettre que les masses d'air qui contiennent de telles proportions de radon peuvent être en provenance récente du voisinage du sol.

([3]) Hall, *Rev. Mod. Phys.*, 8, 1936, p. 358.

([1]) H. Garrigue, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1583.

Date.	Altitude.	Teneur en curie de radon par cm³. Radon.	Thoron.
1 juillet 1946......	5 100^{m}	$0,76.10^{-16}$	traces
2 »	5 300	0,15 »	non décelé
8 »	5 600	0,42 »	»
12 »	5 800	0,11 »	»
15 »	5 800	0,07 »	»
17 »	5 800	0,30 »	»
18 »	6 100	0,23 »	traces
20 »	6 000	0,19 »	non décelé
27 »	5 500	0,38 »	»
29-30 »	1 000	0,40 »	?
1er août 1946......	6 000	0,60 »	»
1947.................	1 500 (*)	$0,10$ à $20,0.10^{-16}$	0 à $0,005.10^{-16}$
2 juillet 1948......	7 600	$0,16.10^{-16}$	traces
5 »	7 300	0,13 »	non décelé
7 »	7 600	0,10 »	»
8 »	7 700	0,05 »	»
12 »	8 000	0,04 »	»
19 »	7 300	0,12 »	»
20 »	8 000	0,14 »	»
26 »	400	1,10 »	$0,00026.10^{-16}$
28 »	7 300	0,35 »	non décelé
29 »	7 500	0,70 »	»
3 août 1948.......	8 000	0,15 »	»
11 »	7 300	0,11 »	$0,00008.10^{-16}$
13 »	8 200	0,05 »	non décelé
16 »	8 700	0,60 »	»

(*) (Puy de Dôme).

Les observations faites au sol (sommet du Puy de Dôme, 1 500^{m}) conduisent aux conclusions suivantes : le maximum de dégagement du radon et du thoron du sol, au sommet de la montagne, a lieu lorsque la température de l'air libre est la plus basse. Au contraire, lorsque la température est élevée, l'air froid contenu dans la montagne s'écoule par gravité à travers les pores du sol : le maximum de dégagement de radon a lieu, dans ces conditions, au pied de la montagne, par les fissures, les trous et l'orifice des sources [2]. Ainsi le puits artificiel de la Font de l'Arbre, au pied du Puy de Dôme, souffle, au plus chaud de l'été, un air très vif de teneur $1\,200.10^{-16}$ curie/cm³, correspondant au débit de radon produit par $0^{g},3$ de radium.

[2] Ces observations complètent sans les contredire celles effectuées jusqu'ici : H. Garrigue, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 494; **200**, 1935, p. 414.

III. Nous avons été amené également à évaluer au cours des vols la quantité de particules actives captées à l'air libre, par trois récepteurs identiques, mais portés respectivement à des potentiels positif, négatif et nul par rapport à l'aéronef en vol. Les résultats exprimés dans le tableau suivant représentent le nombre d'atomes du type radium ABC, libres ou préalablement fixés sur des particules, captés à l'altitude du vol, par centimètre carré de section du récepteur et centimètre de parcours, à la vitesse de croisière de l'aéronef, 400 km/h environ. L'exactitude de ces évaluations est de $\pm 50\ \%$. En outre, la mobilité des particules captées, variable suivant leurs caractéristiques, affecte la grandeur des résultats donnés par les récepteurs positif et négatif.

Atomes du type radium ABC *captés par centimètre cube à l'altitude du vol.*
(*vitesse de croisière de l'aéronef :* 400 km/h.)

Date.	Altitude (m).	Récepteur positif.	Récepteur négatif.	Récepteur neutre.
20 juillet 1948........	8000	$0,6.10^{-3}$	$1,2.10^{-3}$	non évalué
26 »	400	0,27 »	14,0 »	$0,02.10^{-3}$
28 »	7300	0,2 »	4,0 »	non évalué
29 »	7500	0,6 »	9,0 »	»
3 août 1948........	8000	0,4 »	1,5 »	$0,01.10^{-3}$
11 »	7300	0,02 »	1,5 »	0,01 »
13 »	8200	0,02 »	0,7 »	0,01 »

On voit que les particules radioactives se fixent sur le récepteur neutre : il y a, dans ce cas, projection relative comme dans le cas du givrage ([3]). Mais elles se fixent plus abondamment sur le récepteur positif : les atomes de radium ont donc eu le temps de perdre leur charge propre et de fusionner avec des particules étrangères chargées négativement. Le rapport des nombres indiqués pour les récepteurs négatif et positif, toujours supérieur à 1, varie dans de grandes proportions, probablement selon l'état électrique préalable du milieu.

([3]) En grattant le bord d'attaque de l'hélice, après un vol, on obtient des parcelles riches en radium ABC, car la vitesse des pales est plus élevée que celle de l'aéronef.

On conçoit pourquoi il serait intéressant d'étudier la radioactivité de surface d'une météorite fraîchement tombée : elle doit en effet recueillir par le même processus les particules radioactives le long de sa trajectoire, et en amener peut-être une partie jusqu'au sol.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique du dépôt électrolytique de* RaE *à différentes concentrations*. Note (*) de M. **André Coche**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les expériences de cinétique dans le dépôt des corps radioactifs à potentiel constant effectuées par différents auteurs ([1]), ([2]), ([3]) ont montré l'existence pour chaque potentiel d'une quantité maximum limite qui augmente à mesure que le potentiel devient plus favorable au dépôt. Toutes les courbes obtenues présentent la même allure et leur expression analytique est

$$\frac{dx}{dt} = a(kx_0 - x),$$

où x est le nombre d'atomes déposés au temps t, x_0 le nombre d'atomes initial, a une constante dépendant des conditions expérimentales et k la fraction maximum déposable

$$k = \frac{x_{\max}}{x_0}.$$

Nous avons étudié l'influence de la concentration dans ces expériences dans le cas du dépôt cathodique de RaE et Bi + RaE (en solution nitrique 1,5 ou 1,0 N) sur Au aux trois concentrations 3.10^{-7} N, 10^{-8} N, 10^{-12} N (si le dépôt à la première concentration était total, il correspondrait sensiblement à une couche monoatomique). Nous avons utilisé l'appareil décrit par F. Joliot ([4]); pour la solution la plus diluée, la chambre d'ionisation a été remplacée par un compteur β. Le potentiel a été maintenu constant, soit par la méthode potentiométrique habituelle, soit à l'aide d'un dispositif électronique qui sera décrit ultérieurement en même temps que la technique détaillée de ces expériences.

Celles-ci font apparaître les résultats suivants :

1° Les courbes : quantité déposée en fonction du temps à potentiel constant présentent la même allure que celles obtenues par les auteurs cités plus haut. Le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre est du même ordre de grandeur aux différentes concentrations; il est beaucoup plus petit que celui correspondant aux expériences de Joliot dans le dépôt de Po. L'expression analytique est analogue à celle indiquée, mais nous y avons introduit des termes supplé-

(*) Séance du 20 mars 1950.

([1]) F. Joliot, *J. Chim. Phys.*, **27**, 1930, p. 119.

([2]) M. Haïssinsky, *J. Chim. Phys.*, **29**, 1932, p. 470.

([3]) M. Flagg et Bleidner, *J. Chem. Phys.*, **13**, 1945, p. 269.

([4]) *Loc. cit.*

mentaires pour tenir compte de la décroissance de Ra E pendant les expériences de longue durée. Les valeurs de x calculées par cette formule sont en bon accord avec celles observées.

2° Les potentiels critiques déterminés en traçant les courbes : quantités déposées à l'équilibre en fonction du potentiel coïncident, aux erreurs expérimentales près, avec ceux calculés à l'aide de la formule de Nernst à partir du potentiel normal de Bi.

Les valeurs obtenues diffèrent peu (0,02 à 0,03 V) que l'on considère les quantités déposées à l'équilibre ou celles déposées au bout de temps beaucoup plus courts.

3° Le potentiel d'équilibre devrait être donné par la loi de Herzfeld (5) puisque le dépôt est toujours inférieur à une couche monoatomique. Pour vérifier cette loi, nous avons tracé, comme l'a fait Haissinsky (6) dans le cas de Po, les courbes représentant $\log[p_{max}/(1-p_{max})]$ en fonction du potentiel pour chaque concentration (p_{max}, pourcentage maximum déposé à chaque potentiel); ces courbes devraient être des droites, ce qui est assez bien vérifié, au moins pour les deux concentrations les plus petites, mais la mesure du coefficient angulaire $n\mathrm{F}\log e/\mathrm{RT} = n/0{,}058$ donne respectivement pour la valence n de Bi : $n = 0{,}58$, $0{,}36$, et $0{,}9$ aux concentrations 3.10^{-7} N, 10^{-8} et 10^{-12} N. Comme dans le cas de Po, pour que les données expérimentales soient en accord avec l'équation de Herzfeld, il faudrait multiplier respectivement les potentiels par des coefficients de l'ordre de 0,2, 0,1 et 0,3.

4° Récemment, Rogers et ses collaborateurs (7) ont montré et vérifié dans le cas du dépôt de Ag sur Pt que, tant qu'il s'agissait d'une couche inférieure à une couche monoatomique, $E_{50\%}$, potentiel auquel la moitié de la quantité initiale en solution est déposée, ainsi que la position de la courbe : quantité maximum déposée en fonction du potentiel, étaient indépendants de la concentration. Or, si nous trouvons pour $E_{50\%}$ des valeurs très voisines à 10^{-8} et 10^{-12} N, les courbes à ces deux concentrations sont nettement distinctes. Comme $E_{50\%}$ entre ces limites varie peu et que le potentiel critique obéit à la loi de Nernst, la courbe est étalée sur une largeur plus petite à 10^{-12} N qu'à 10^{-8} N (0,12 V au lieu de 0,30 V), c'est-à-dire que le processus électrochimique se produit dans un intervalle énergétique beaucoup plus petit.

---

(5) *Physik Z.*, 14, 1913, p. 29.

(6) *J. Chim. Phys.*, 43, 1946, p. 21.

(7) L. B. ROGERS et A. F. STEHNEY, *J. Electrochem. Soc.*, 95, 1949, p. 25; L. B. ROGERS D. P. KRAUSE, J. C. GRIESS Jr and D. B. EHRLINGER, *ibid.*, 95, 1949, p. 33.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les anomalies de la chaleur spécifique du germanium et du hafnium à basse température.* Note (*) de MM. **Pierre Aigrain** et **Claude Dugas**, présentée par M. Jean Cabannes.

La chaleur spécifique atomique du germanium et du hafnium a été mesurée par Cristescu et Simon ([1]) entre 10°K et 200°K. Elle présente un maximum égal à 5,1 pour le germanium et 11,3 pour le hafnium au voisinage de 75°K. Ce maximum ne peut être expliqué par une déviation à la loi de Debye du type : chlorure d'ammonium ou par une déviation du type : substances ferromagnétiques et sels paramagnétiques, qui conduisent également à des maxima anormaux. Les températures caractéristiques de Debye sont $\theta_D = 290°$ pour le germanium et $\theta_D = 213°$ pour le hafnium. Nous avons fait l'hypothèse que la chaleur spécifique dans cette région était la somme de deux contributions

$$C = C_D + C_E,$$

où C_D est la chaleur spécifique de Debye et C_E une chaleur spécifique due à l'excitation des électrons des niveaux d'impuretés à la bande de conduction. Soit N le nombre de centres d'impuretés et ε l'énergie d'excitation d'un électron. L'énergie totale à fournir pour exciter les N électrons est $E = N\varepsilon$ si l'on néglige en première approximation l'énergie du gaz électronique dans la bande de conduction et l'énergie des centres ionisés. Cette énergie correspond à

$$E = \int_0^T c\,dT - \int_0^T C_D\,dT,$$

où T est une température arbitraire où tous les centres sont ionisés, c'est-à-dire à l'aire comprise entre les deux courbes (C) et (C_D), cette dernière étant obtenue par point en calculant la chaleur spécifique de Debye à partir de la température θ_D.

L'anomalie totale correspond à 7,2 cal/cm³ pour le germanium. Si l'on admet l'énergie d'activation de 0,03 eV qui résulte d'autres études sur le germanium, on est conduit à une concentration de $n = 6.10^{19}$ impuretés/cm³. Dans ces conditions la dégénérescence du gaz électronique dans la bande de conduction, dans l'intervalle de température intéressant, est telle que l'on ne peut négliger l'énergie moyenne des électrons dans la bande de conduction. En utilisant la méthode générale d'évaluation de l'énergie libre des électrons dans cette bande d'après la statistique de Fermi-Dirac on obtient un nombre

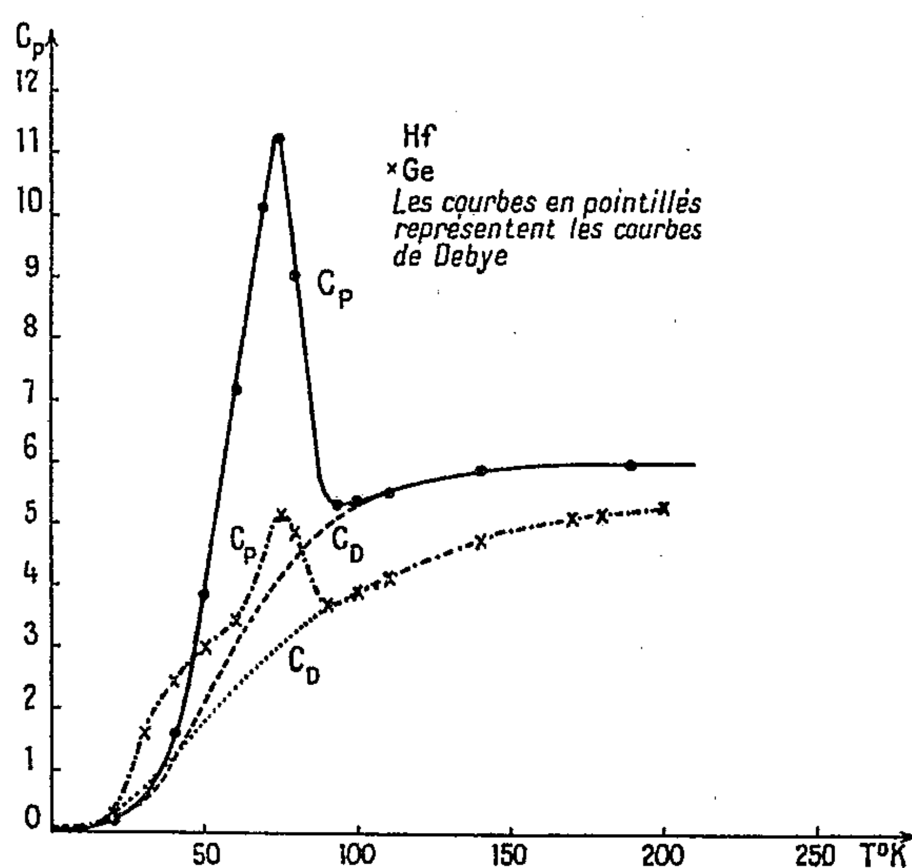
$$n = 10^{19} \text{ impuretés/cm}^3.$$

(*) Séance du 13 mars 1950.

([1]) *Z. Physik. Chem.*, 25 B, 1934, p. 273.

Dans le cas du hafnium les renseignements sur la structure des niveaux d'impuretés manquent et l'on ne peut évaluer le nombre des centres. Il importe de remarquer que :

1° Dans un semi-conducteur ordinaire où les niveaux d'impuretés sont situés à des distances de l'ordre de 1/10 d'électrovolt de la bande de conduction, le même effet n'apparaît pas, l'ionisation totale des centres se faisant dans un intervalle de température beaucoup plus grand et la courbe de chaleur spécifique suit la loi de Debye, la différence de quelques calories par centimètre cube se traduisant seulement par une variation inappréciable de la température de Debye.



2° Le maximum aigu observé correspond à une énergie plus grande à fournir à un électron pour l'amener du niveau d'impureté dans le gaz électronique assez fortement dégénéré. On revient ensuite à la loi de Debye car la théorie de l'ionisation des centres montre que la plupart des centres sont alors ionisés.

La courbe se raccorde alors rapidement à la courbe classique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réduction de macrocristaux de bromure d'argent : formation de grains d'argent orientés.* Note de M. **Charles G. Boissonnas**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons montré précédemment (¹) que si l'on réduit, au moyen d'une solution alcaline d'hydroquinone, une surface plane taillée dans un macro-

(¹) *Sc. et Ind. photogr.*, 20, 1949, p. 361.

cristal de bromure d'argent, il se forme des grains d'argent, de formes géométriques simples, ayant tous la même orientation. Ces grains d'argent sont encastrés dans le bromure et leur surface externe est au niveau de la surface du bromure.

Nous avons constaté plus récemment que la forme des grains d'argent est définie par les plans octaédriques (111) du réseau du bromure d'argent et que, d'autre part, les grains d'argent occupent entièrement les alvéoles creusés dans la masse du bromure.

Ces deux constatations peuvent permettre de préciser le mécanisme de la réduction du bromure d'argent. La théorie de Gurney et Mott ([2]) prévoit une migration des ions argent, en direction de l'argent métallique chargé négativement par le réducteur, puis une neutralisation des ions argent au contact du métal et l'expulsion d'un nombre égal d'ions brome dans la solution réductrice. Si les grains d'argent sont, comme nous le constatons, limités par les plans octaédriques du bromure d'argent, il semble probable que la migration des ions se produise de préférence suivant ces plans, par l'intermédiaire des défauts de réseau (défauts de Schottky) ([3]), les ions brome quittant le cristal et passant dans la solution réductrice dans le voisinage des limites du grain d'argent. D'autre part, le fait que le grain d'argent trouve sa place dans une alvéole du bromure d'argent, ne peut s'expliquer que si l'on admet une organisation du réseau du bromure d'argent sur une profondeur relativement grande par rapport aux dimensions du grain; sinon, la croissance d'un grain d'argent devrait être accompagnée d'une contraction locale du bromure d'argent, ce qui n'est pas le cas.

Comme l'ont montré les photographies qui ont été prises, par plusieurs auteurs, au microscope électronique, l'argent formé lors du développement d'une émulsion photographique semble constitué par de longs filaments expulsés du bromure d'argent dans la gélatine, et non par des grains enfoncés dans la masse. Cette contradiction n'est qu'apparente.

En effet, nous avons observé que, si l'on recouvre la surface du bromure d'argent d'une couche de gélatine, la réduction produit des cônes d'argent très allongés, dont la pointe s'élève verticalement dans la gélatine. Ces cônes, de structure filamenteuse ou granuleuse, présentant un éclat métallique, sont partiellement évidés. Ils se forment aux dépens de la masse du bromure d'argent, dans laquelle se creuse une alvéole de forme polyédrique, analogue à l'empreinte des grains d'argent décrits plus haut. Si la réduction est prolongée jusqu'à ce que la surface du bromure soit couverte d'argent, les cônes s'incurvent, se détachent de leur base et se couchent; puis ils disparaissent et l'argent forme alors une couche uniforme. Cette recristallisation de l'argent

([2]) R. W. Gurney et N. F. Mott, *Proc. Roy. Soc.*, (A), 164, 1938, p. 151.

([3]) J. W. Mitchell, *Phil. Mag.*, 40, 1949, p. 249.

doit évidemment faire intervenir les ions argent en solution. Mais, lorsque la réduction est avancée, la concentration en ions complexes brome-argent peut avoir, dans le voisinage du bromure, des valeurs suffisamment élevées pour expliquer une telle recristallisation.

Sans prétendre expliquer l'action de la gélatine, qui pourrait être éventuellement attribuée à une diminution de la tension superficielle à l'interface argent-solution, nous pensons cependant que la formation de grains d'argent ou de cônes est un phénomène secondaire, dû aux conditions de la recristallisation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Préparation et activation de sulfure de cadmium en monocristaux ou en lamelles.* Note (*) de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Paul Pascal.

De beaux cristaux de sulfure de cadmium ayant l'aspect, d'une part de paillettes transparentes et d'autre part de films rigides translucides de plusieurs centimètres carrés de surface ont été préparés à l'aide d'un dispositif simple. Un procédé permettant de les rendre photoluminescents (lumière rouge et orangée) sans altérer leur transparence a aussi été mis au point.

D'après les travaux de H. Kallmann et de ses collaborateurs I. Broser et R. Warminsky qui ont fait l'objet de plusieurs publications au cours des deux dernières années [1], les monocristaux de sulfure de cadmium, activés à l'argent d'une manière qu'ils ne précisent pas, émettent sous l'excitation des rayons α une énergie lumineuse proportionnelle à celle de ces particules, les scintillations étant d'après eux d'un rouge intense à la limite de la région visible du spectre, d'une longueur d'onde supérieure à 7 600 Å (maximum de l'émission à 8 000 Å).

La méthode la plus simple de préparation de cristaux de sulfure de cadmium visibles à l'œil nu consiste, d'après Lorenz [2] à faire agir l'hydrogène sulfuré sur la vapeur de cadmium. Le dispositif qui m'est apparu le meilleur consiste à faire passer un courant d'hydrogène sulfuré pur [3] dans un tube de silice de 60^{mm} de diamètre dans lequel est placé un autre tube de

(*) Séance du 20 mars 1950.

(1) *Ann. de Phys.*, 4, 1948, n°s 1-2, p. 61-68 et 69-84; *Nature*, 163, 1949, p. 20; *Research* (G. B.), 2, 1949, p. 62-68 et 87-89; *Phys. Rev.*, 75, 2e série, 1949, p. 623-626.

(2) *Berichte*, 24, 1891, p. 1509.

(3) R. Frerichs (*Naturwiss.*, 33, 1946, p. 281 et *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 594) préconise un autre dispositif qui permet d'entraîner la vapeur de cadmium dans un courant d'hydrogène pour l'amener en contact de l'hydrogène sulfuré. Ce dispositif, que j'ai expérimenté, est beaucoup plus délicat à régler et ne permet de recueillir facilement que les paillettes, en faible quantité. Frerichs ne stipule pas le mode opératoire qui lui a permis d'activer ses cristaux.

silice transparente de 25^{mm} de diamètre, fermé du côté par lequel le gaz arrive, partiellement obturé de l'autre par des débris de silice et contenant quelques grammes de cadmium pur disposé dans une nacelle de porcelaine. En chauffant à une température de $850^\circ \pm 10^\circ$ ([4]), j'ai obtenu du sulfure de cadmium cristallisé, jaune clair, sous trois aspects :

1° des houppettes d'aiguilles prismatiques de faible section;

2° des paillettes de belle transparence, de 10 à 20^{mm} de long, 1 à 2^{mm} de large, pesant de 10 à 25 mg/cm² et qui semblent analogues à celles dont s'est servi R. Frerichs ([3]) pour mesurer la photoconductivité du sulfure de cadmium;

3° un film translucide tapissant l'intérieur du petit tube de silice et qu'avec de grandes précautions on parvient à détacher en pellicules ayant un ou plusieurs centimètres carrés de surface et une épaisseur variant, d'une opération à l'autre, entre 0,07 et $0^{mm},20$ (29 à 76mg/cm²).

Aucune de ces trois formes n'est luminescente sans traitement approprié ([5]). Les méthodes classiques d'activation ne m'ont pas donné satisfaction. Le procédé de réactivation des sulfures phosphorescents au-dessous de leur température de formation, préconisé par D. T. Wilber ([6]), qui consiste à humecter les cristaux avec des solutions de sulfate de cuivre ou de nitrate d'argent de concentrations comprises entre 1^{cg} et 1^{g} de métal par litre, sécher à l'étuve puis chauffer entre 400 et 600° dans une atmosphère soit d'hydrogène sulfuré soit d'azote, conduit à un noircissement des cristaux sans qu'aucune luminescence de ceux-ci ne soit décelable en lumière de Wood. Le seul procédé d'activation efficace que j'ai trouvé consiste à mettre en contact d'une même atmosphère, d'une part ces monocristaux sous l'un quelconque de leurs trois aspects et d'autre part de la poudre microcristalline de sulfure de cadmium photoluminescent dont j'ai dernièrement décrit le mode de préparation ([7]). Même à température relativement basse, par exemple 600°, l'argent luminogène diffuse alors, d'abord dans le gaz puis à travers le cristal, sans d'ailleurs en altérer la transparence.

Le meilleur mode opératoire me semble être le suivant : 10^{g} de la poudre rouge orangé qui précipite lorsqu'on maintient à l'ébullition une solution concentrée mixte de sulfate de

---

([4]) Un réglage très précis de la température est absolument indispensable.

([5]) Werner Veith a indiqué tout récemment (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 947) qu'il avait constaté un effet de photoconductivité avec du sulfure de cadmium sans addition étrangère; il attribue cet effet à la présence d'un excès de cadmium dans le réseau de SCd; il ne signale pas si son produit est luminescent. De toutes façons, il n'est pas certain que le mode de préparation de mes cristaux, cité ci-dessus, détermine un excès de cadmium dans le réseau cristallin.

([6]) *Preparation and characteristics of solide luminescent materials* (*Symposium held at the Cornel University*, New-York, 1948, p. 383).

([7]) E. Grillot, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1159.

cadmium et de thiosulfate de sodium ([7]), séchée à 100°, sont délayés dans 20^{cm^3} d'une solution 0,2 centinormale de nitrate d'argent, puis séchée à nouveau à 100°. Cette poudre est alors placée au fond d'un creuset de quartz parfaitement propre ou n'ayant servi qu'à ce genre d'opération. Les cristaux à activer sont ensuite disposés dans une petite capsule en quartz ou en platine déposée sur la poudre, de telle sorte qu'ils ne soient pas en contact direct avec celle-ci. Le creuset, bouché par un couvercle plan qui ferme bien, est placé dans un creuset en quartz plus grand et brasqué, soit par du sulfure de cadmium ordinaire, soit à défaut par du sulfure de zinc technique. Enfin, l'ensemble est porté dans un four électrique et maintenu pendant plus de 24 heures à 600°.

Les cristaux ainsi activés présentent, sous la lumière de Wood, une vive luminescence tout à fait comparable à celle de la poudre, la lumière émise, de teinte rouge groseille, se répartissant sur toute la région orangée et rouge du spectre visible, à partir de 6150 Å. Aux rayons α, leur réponse semble moins satisfaisante.

CATALYSE. — *Influence de la température sur la dimension des particules d'oxyde de nickel.* Note (*) de Mlle **Janine François**, présentée par M. Paul Pascal.

La diminution d'activité catalytique des oxydes de nickel préparés aux températures supérieures à 400° s'accompagne d'un brusque accroissement de la dimension des particules (sintering) mis en évidence par la méthode de diffusion centrale et le microscope électronique.

Les nombreux travaux relatifs à la préparation des catalyseurs mettent en évidence l'influence de la dimension des particules sur l'activité catalytique.

La méthode de diffraction des rayons X aux petits angles, qui permet l'étude des hétérogénéités de structure, dans un certain domaine et donne une valeur de la dimension des particules, a été appliquée afin d'étudier l'évolution de la dimension de celles-ci en fonction de la température de préparation des catalyseurs.

La longueur d'onde utilisée fut la raie Kα du Cu isolée par réflexion sur une lame de quartz entaillée et courbée. Les échantillons utilisés de 4/10 de millimètre d'épaisseur étaient placés devant une chambre vide d'air de 78^{mm} de rayon.

L'étude a été faite dans le cas particulier de l'oxyde de nickel obtenu par calcination du carbonate à différentes températures, formant une gamme de coloration du noir au gris jaunâtre comme l'indiquent les travaux antérieurs.

La décomposition du carbonate commence vers 240° et à 300-350° la presque totalité de ce corps est décomposée pour la vitesse considérée.

Plusieurs clichés à différents temps de pose ont été réalisés pour chaque

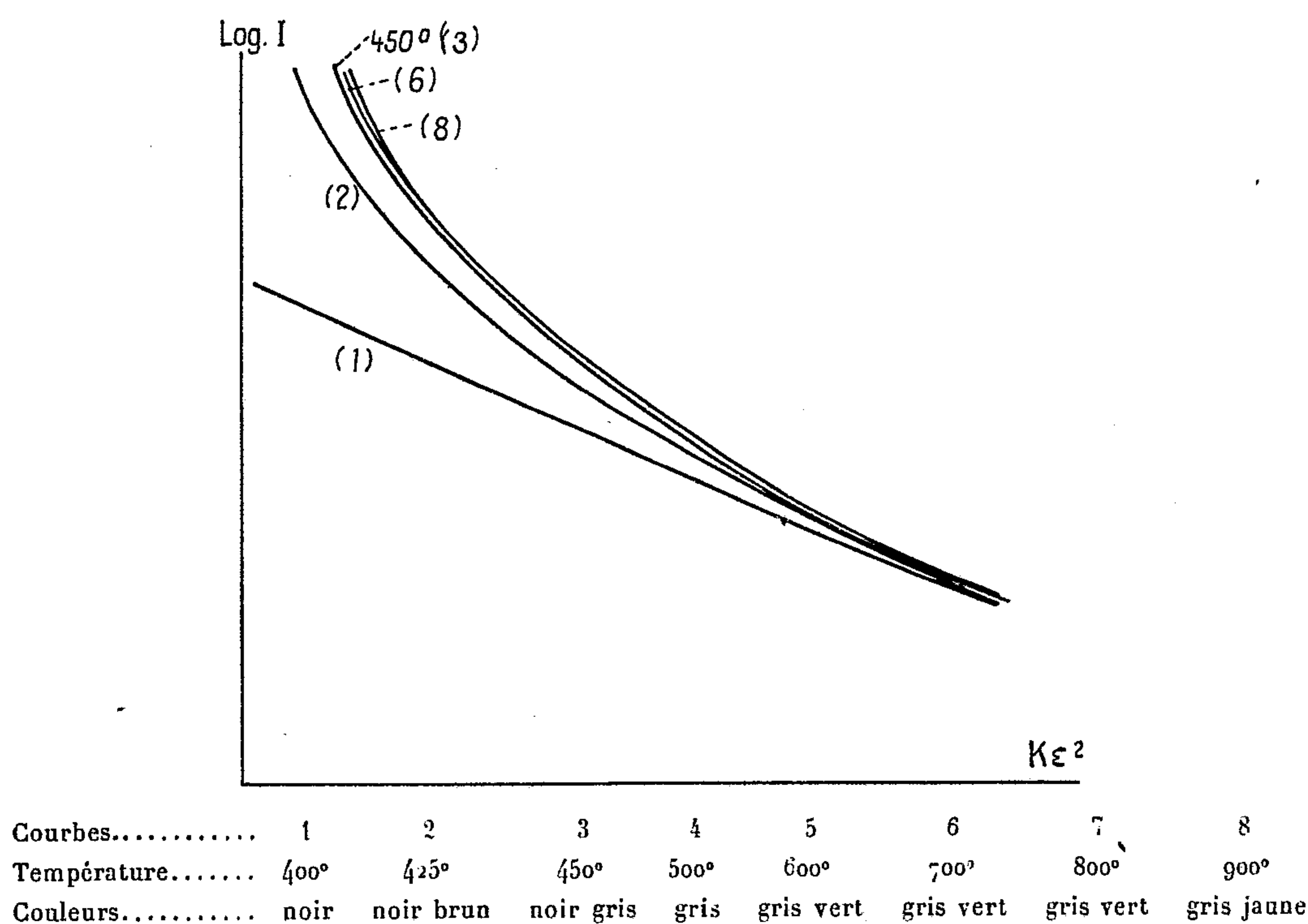
(*) Séance du 20 mars 1950.

échantillon; il faut d'ailleurs noter que l'oxyde de nickel donne une diffusion intense permettant des temps de pose de l'ordre de la minute.

L'interprétation des clichés permet d'obtenir, pour chaque température une caractéristique de l'échantillon donnée par la courbe logI en fonction de ε^2. Le graphique ci-dessous résume l'évolution du phénomène et permet de constater une modification.

1° quant à la répartition des particules;

2° quant à la dimension de celles-ci.



Courbes............	1	2	3	4	5	6	7	8
Température.......	400°	425°	450°	500°	600°	700°	800°	900°
Couleurs...........	noir	noir brun	noir gris	gris	gris vert	gris vert	gris vert	gris jaune

La courbe (1) est facilement assimilable à une droite traduisant l'existence d'un système homodispersé, avec un rayon de giration des particules diffusantes de 27 Å déduit de la pente de cette droite.

La courbe (2) montre une relevée très sensible vers les grandes dimensions, relevée s'accentuant pour les courbes suivantes, relatives aux températures plus élevées. A ces températures supérieures, certaines des particules ont des dimensions qui ne sont plus observables par la méthode de diffusion centrale; mais le microscope électronique ([1]), complétant cette méthode, permet de constater la présence de particules de plusieurs centaines d'angströms.

([1]) Microscope C. S. F.

Il semblerait donc qu'entre 400 et 425°, on assiste à un *sintering* de l'oxyde de nickel se traduisant par l'aggrégat des petites particules en particules plus grosses, expliquant ainsi le passage d'un système homodispersé à un système hétérodispersé, avec remontée vers les petits angles, c'est-à-dire les grandes dimensions.

Les études faites sur les oxydes obtenus par calcination des nitrate et hydroxyde semblent donner des résultats analogues.

Ces résultats sont en accord avec les travaux antérieurs attribuant une activité à la variété noire d'oxyde de nickel et une inactivité à la variété grise, ainsi qu'avec ceux des auteurs russes qui préparent des catalyseurs très actifs à basse température (2).

MÉTALLOGRAPHIE. — *Relation entre la cassure au choc et la structure micrographique de deux aciers faiblement alliés présentant des sensibilités différentes à la fragilité de revenu.* Note de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On admet en général que la cassure à *grains* des aciers sensibilisés à la fragilité de revenu correspond à une décohésion intergranulaire, la cassure à *nerfs* des mêmes aciers à l'état tenace étant liée à une rupture transgranulaire (1). Cependant, des clivages à l'intérieur des grains pourraient aussi expliquer le faciès caractéristique de la cassure fragile (2). Les preuves expérimentales sont toutefois très incomplètes, étant donnée la difficulté que l'on a éprouvée jusqu'à présent, à révéler la structure vraie des états tenace et fragile dans les aciers faiblement alliés.

Nous avons cherché à rattacher l'aspect des cassures au choc des aciers Ni—Cr et Ni—Cr—Mo à leurs structures micrographiques étudiées antérieurement (3).

Après trempe à l'huile à 850°, chacun des deux aciers a été soumis soit au revenu à 650° arrêté à l'eau (traitement A), soit au revenu à 525° suivi de refroidissement très lent (traitement B). Les éprouvettes de résilience KUF sont cassées au mouton de choc à 20°. L'une des moitiés de chaque cassure est enrobée dans un dépôt électrolytique de fer et l'ensemble sectionné suivant un plan faisant un petit angle avec celui de la cassure, et tel qu'il coupe le fond

---

(2) *Acta Physica. U. S. S. R.*, 19, 1944, p. 225 247.

(1) Philpot, Jeffries et Archer, *Bull. Amer. Inst. Mining. and Metallurgical Eng.*, janv. 1919, p. 51, févr. 1920, p. 11; D. Mc Lean et L. Northcott, *J. Iron. Steel. Inst.*, févr. 1948, p. 169.

(2) Hadfield, *Proc. Inst. Mechanical. Eng.*, mai 1919.

(3) P.-A. Jacquet, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 713; 230, 1950, p. 650.

arrondi de l'entaille. La section est polie électrolytiquement, puis attaquée dans le réactif de Benedicks ou la solution éthérée d'acide picrique.

Les résultats obtenus se résument comme suit :

1° L'éprouvette la plus fragile (résilience 4 kgm/cm²) est celle de l'acier Ni—Cr soumise au traitement B. Elle se rompt par décohésion des joints de grains, sans trace de déformation plastique. Quelques très rares cas de fissurations transgranulaires sont observées sous la surface de la cassure. Elles suivent alors les stries orientées à l'intérieur des grains.

2° La résilience plus forte (9 kgm/cm²) de l'acier Ni—Cr—Mo soumis au traitement B correspond à des proportions sensiblement équivalentes de décohésions intergranulaires et de clivages sur les stries orientées dans les grains. L'existence de déformations rémanentes est probable.

3° Les éprouvettes des deux aciers ayant subi le traitement A ont des valeurs de résilience du même ordre (12 et 11 kgm/cm²). La cassure paraît exclusivement du type transgranulaire et correspond à des éléments spécifiques de la structure : *a*. Pour l'acier Ni—Cr la décohésion aurait lieu sur des lignes de sous-structure, plus ou moins chargées en microconstituants déposés pendant le revenu, ces lignes jouant en quelque sorte le rôle des joints de grains de l'éprouvette fragile. La rupture est accompagnée d'une déformation très limitée; *b*. Pour l'acier Ni—Cr—Mo, une déformation plastique considérable empêche de définir la nature des décohésions, mais le microprofil de la cassure prouve que les joints de grains n'interviennent pas.

4° Bien que le refroidissement lent, à partir de 525°, de l'acier Ni—Cr—Mo ne provoque qu'une baisse légère de la résilience (elle passe de 11 à 9 kgm/cm²), cet effet se traduit à la fois par la présence de plusieurs fissures émanant du fond de l'entaille puis se ramifiant sous la surface de la cassure, et par la très faible intensité de la déformation rémanente.

Tous ces résultats sont en bon accord avec les structures typiques respectives des 4 éprouvettes étudiées par ailleurs ([3]). Ils confirment et précisent les points suivants :

a. Présence d'un constituant déposé sur les joints, et aussi, mais en proportion beaucoup plus faible, sur certains plans cristallographiques des grains de l'acier Ni—Cr fragilisé par revenu.

b. Le réseau de sous-structure dans les grains du même acier à l'état tenace, réseau formé de lignes très fines contenant quelques éléments sphéroïdisés, constitue une hétérogénéité susceptible d'introduire des points faibles où se localisent une fraction des décohésions.

c. Le revenu à 525° suivi de refroidissement lent de l'acier Ni—Cr—Mo provoque la précipitation, sur les joints et sur certains plans cristallographiques, d'un constituant en proportion assez limitée, cependant suffisante pour être détectée par la micrographie et faire apparaître des décohésions à la

fois inter et transgranulaires. Ces phénomènes entraînent un léger abaissement de la résilience par rapport au revenu à 650° suivi de trempe.

Conclusion. — Le mode de rupture à l'essai de choc de deux aciers peut être rattaché à leur structure respective. Les plus faibles valeurs de la résilience, pour le revenu dans la zone de fragilisation, correspondent à une cassure presque exclusivement intergranulaire de l'acier Ni—Cr, à la fois inter et transgranulaire de l'acier Ni—Cr—Mo et, dans les deux cas, sans déformation plastique appréciable. Les plus fortes résiliences des éprouvettes traitées à température supérieure et trempées sont associées à une cassure transgranulaire et à une déformation notable, d'ailleurs plus élevée pour l'acier contenant du molybdène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'inversion de Walden et le principe de corrélation entre les énergies de liaison des valences du carbone.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'inversion de Walden publiée en 1896 est une remarquable méthode qui permet de transformer directement un dérivé organique doué du pouvoir rotatoire en son antipode optique à l'aide de deux substitutions successives, réalisées à basse température et sans recourir au dédoublement d'un racémique (1). Malgré de nombreux travaux en vue d'en élucider le mécanisme on n'est pas parvenu à en donner une interprétation satisfaisante. On admet généralement qu'elle s'effectue au cours d'une des substitutions où un radical X en déplace un autre Y d'un dérivé $CR_1R_2R_3Y$ à la suite de laquelle le trièdre $CR_1R_2R_3$ s'inverse comme le ferait un parapluie sous l'action d'un vent violent (2). Comme dans un tel phénomène $CR_1R_2R_3$ doit devenir plan à un certain moment, on admet que ce stade est dépassé par suite des vitesses acquises. Or il n'est pas raisonnable de généraliser aux dimensions moléculaires des propriétés mécaniques macroscopiques. Il semble donc que cette interprétation doit être abandonnée.

Dès 1896, Armstrong observait que l'inversion de Walden devait être en relation avec la formation de composés d'addition comme Kékule et, à sa suite Friedel, avaient postulés dans toutes les réactions. En 1911 A. Werner faisait remarquer que dans l'inversion de Walden un radical pouvait prendre, dans l'édifice moléculaire, une autre place que le radical substitué. A la même époque E. Fischer émettait des idées semblables (3).

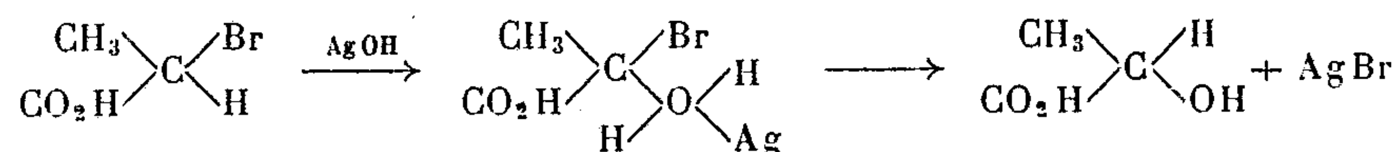
(1) *Berich. deutch. Chem. Gesell.*, 29, 1896, p. 133-138; Von Dr Walden, *Optische Umkehrersreinungen*, verlag von F. Vieneg et John, 1919.

(2) Bergmann, Polangi et Szabo, *Zeits. physik Chem.*, B. 20, 1933, p. 161; Olson, *J. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 418.

(3) H. E. Armstrong, *J. Chem. Soc.*, 69, 1891, p. 838 et 1399; A. Werner, *Berich. deutsch. Chem. Gels.*, 44, 1911, p. 873; E. Fischer, *Ann.*, 381, 1911, p. 123; 383, 1911, p. 337.

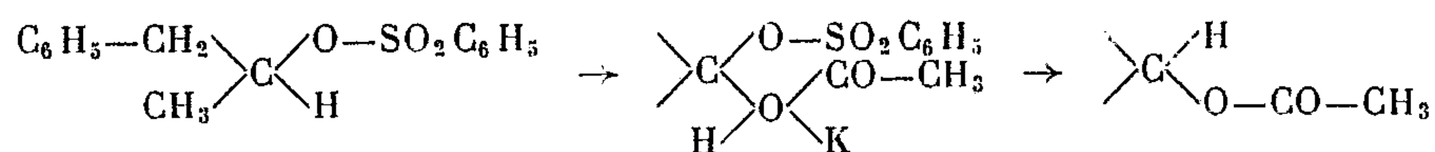
Si l'on observe que dans les nombreux cas d'inversions publiés il s'agit surtout de dérivés possédant un carbone asymétrique où une des valences est en rapport avec un atome d'hydrogène, on est amené à penser que cet atome doit jouer un rôle important. Me basant sur cette observation, j'expose ici une nouvelle interprétation simple et logique de l'inversion de Walden conforme aux idées émises par Armstrong, A. Werner et E. Fischer et mettant, d'autre part, en lumière un principe important; celui de la corrélation entre les énergies de liaison des différentes valences du carbone.

Aux grandes distances l'attraction entre deux masses *m* et *m'* est rigoureusement indépendante des attractions de ces masses sur l'autre corps. Aux dimensions atomiques cette propriété s'évanouit; c'est ainsi qu'un atome d'oxygène fortement lié à un métal ne maintient plus que faiblement un atome d'hydrogène par une électrovalence. Il en est de même pour l'azote dans les sels d'ammonium, pour le carbone dans ceux de carbonium. Prenons comme exemple l'acide *l*-lactique : traité par PBr_5 il donne de l'acide brompropionique avec conservation de la configuration. Si l'on traite cet acide par l'hydrate d'argent, le brome étant fortement lié au carbone ne réagit pas. Par contre l'hydrogène lié à ce même carbone, en vertu du principe sus mentionné, va réagir avec l'oxygène de AgOH pour donner un dérivé d'oxonium.



Mais le fait que le carbone se trouve maintenant oxydé et fortement lié à l'oxygène aura pour résultat le relâchement de la liaison C—Br et le brome va par suite réagir avec l'argent, amenant ainsi une inversion de configuration.

La même interprétation peut être donnée pour le cas où un alcool secondaire est successivement estérifié par l'acide benzène sulfonique, puis traité par de l'acétate de potassium ([1])



La présente théorie fait également comprendre que certaines inversions de Walden dépendent du solvant ou de la température.

On conçoit en effet que les énergies relatives de liaison des deux valences du carbone en cause soient en relation avec ces facteurs physiques.

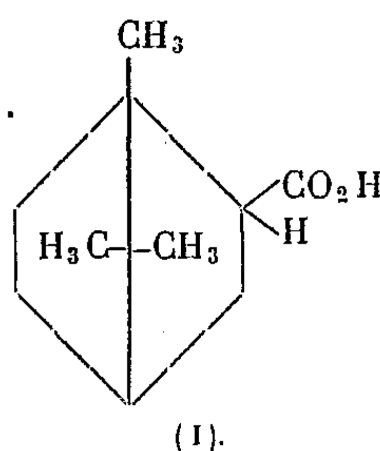
Je me propose d'étendre cette interprétation de l'inversion de Walden à des cas plus compliqués et de donner du principe de corrélation des énergies de liaison des valences une interprétation théorique.

([1]) PHILLIPS, *J. Chem. Soc.*, **123**, 1923, p. 44.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides camphane carboniques. Individualité chimique des* prismes *et des* aiguilles. Note de MM. **Gustave Vavon** et **Marcel de Botton**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les acides camphane carboniques, prismes et aiguilles, ainsi que leurs sels de sodium et de potassium, sont très stables vis-à-vis de la chaleur. Par estérification on obtient deux esters méthyliques, deux esters *p*-phényl-phénacylés différents; de plus, par saponification de ces derniers, on revient à l'acide de départ. Ces acides sont donc deux individus chimiques et non deux formes cristallines.

Dans une précédente Note ([1]) l'un de nous et Ch. Rivière ont indiqué que la carbonatation du magnésien du chlorhydrate de pinène conduisait à trois acides différents de formule (I) là où la théorie n'en prévoit que deux.



(I).

Le magnésien, préalablement isomérisé en forme bornylique par chauffage à 140°, donne un acide qui est un mélange d'où l'on peut séparer par cristallisation deux parties différentes : l'une se présentant sous forme d'aiguilles, l'autre sous forme de prismes.

Nous apportons ici des faits montrant que ce sont là, non deux formes cristallines mais deux individus chimiques distincts (qui s'ajoutent ainsi à celui que l'on obtient à partir de la forme isobornylique du magnésien).

Action de la chaleur sur les acides et leurs sels. — Des expériences répétées sur l'influence de la chaleur nous ont montré, qu'à condition d'opérer sur des produits très purs, la stabilité était plus grande que ne l'avaient laissé supposer les premiers essais.

Les deux acides chauffés à 180° pendant 7 heures sans solvant conservent leur individualité :

Prismes ([2])...	$[\alpha]$ — 15°,8	redonne après chauffage :	$[\alpha]$	— 15°,8
Aiguilles.....	$[\alpha]$ — 7°,7	» :	$[\alpha]$	— 7°,5

De même si l'on fait les sels de sodium ou de potassium, qu'on les porte

([1]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 251.

([2]) Tout ce travail a été fait avec des acides camphane carboniques préparés à partir du chlorhydrate : $[\alpha]$ — 32° provenant du pinène gauche de Bordeaux. Tous les pouvoirs rotatoires ont été pris pour λ 578 vers 15° et à C 0,10, dans le toluène pour les acides et leurs esters, dans l'eau pour leurs sels.

à 200° pendant 4 heures et qu'on revienne à l'acide, on retrouve celui de départ.

	Acide de départ.	Sel de Na.	Sel de K.	Acide de retour.
Prismes [α].........	— 15°,8	— 1°,2	— 1°,4	— 15°,9
Aiguilles [α]........	— 7°,7	+ 3°,3	+ 3°,0	— 7°,5

Esters. — Nous ne donnerons ici que les résultats obtenus sur les esters méthyliques et les esters *p*-phényl-phénacylés.

Esters méthyliques. — Le sulfate de méthyle agit à froid sur le sel de potassium en solution alcoolique et donne l'ester méthylique en quelques minutes. Le point d'ébullition, la densité et l'indice sont sensiblement les mêmes, que l'on parte des aiguilles ou des prismes, mais les pouvoirs rotatoires sont différents :

	E_{18}	d_4^{19}	n_D^{19}	[α]
Prismes...........	111°	0,945	1,4702	— 25° 1
Aiguilles..........	111°	0,944	1,4704	— 16°6

La saponification de ces esters par un excès de 100 % de potasse alcoolique 0,6 N à l'ébullition est totale en 5 heures.

Elle conduit à l'acide initial dans le cas des prismes : [α] — 15°7 redonne, après saponification de l'ester. [α] — 15°9.

Dans le cas des aiguilles, par contre, on aboutit à un acide partiellement isomérisé.

En effet, en partant d'aiguilles de [α] — 7°5, on obtient, après saponification de l'ester formé, un acide de [α] — 14°3 dont le point de fusion est peu net : 76-80°, et qui est un mélange de prismes et d'aiguilles.

Cette isomérisation des aiguilles faite au cours de la saponification peut être obtenue également en les chauffant avec CH_3OH aqueux à 60 % : au bout de 5 jours à l'ébullition, [α] de l'acide libre est de — 10°,6 contre — 7°,5 au départ.

Signalons simplement ici que les esters isopropyliques (obtenus par action du bromure d'isopropyle sur le sel d'argent) donnent des résultats semblables à ceux des ester méthyliques.

Esters p-phénylphénacylés $C_{10}H_{17}CO_2—CH_2—CO—C_6H_4—C_6H_5$. — Nous avons cherché à faire des esters solides et plus faciles à saponifier, pensant éviter ainsi l'isomérisation des aiguilles. Nous avons fait appel à l'ester obtenu par action de la *p*-phénylacétophénone bromée sur les sels de sodium dans l'alcool absolu à l'ébullition pendant une heure. Nons avons, en fait, obtenu deux esters bien cristallisés et nettement différents

	F.	[α].
Ester (prismes)..............	111-112°	—35°,3
» (aiguilles).............	108-109°	—20°,0

La saponification par la soude alcoolique est presque instantanée à froid

et redonne bien les acides de départ : [α] —16°,1 à partir de [α] —16°,4 et [α] — 7°,2 à partir de [α] — 7°3.

Si les aiguilles, les prismes et leurs sels conservent leur individualité chimique vis-à-vis de la chaleur, de l'estérification et même de la saponification dans le cas des esters p-phénylphénacylés, il n'en est plus de même dans leur transformation en chlorure d'acide : le chlorure de thionyle agit sur l'un ou l'autre de ces acides en provoquant une isomérisation; dans les deux cas on obtient un même chlorure d'acide : $É_{15}$ 115-116° [α] —15°,1 qui, par hydrolyse, conduit à un *mélange* d'acides riche en aiguilles [α] —10°,8.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques mélanges azéotropiques alcool—éther-oxyde.* Note de M. **Jean Bouillon**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'isolement par distillation d'éthers-oxydes dissymétriques, issus de l'action des éthers haloïdes sur les alcools partiellement sodés, conduit le plus souvent à l'observation de mélanges azéotropiques. La composition et les constantes physiques de quatre mélanges azéotropiques ont été déterminées.

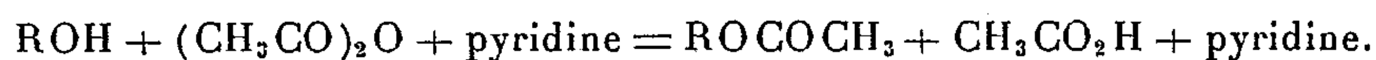
La préparation des éthers-oxydes dissymétriques par action des éthers haloïdes sur les alcoolates alcalins est souvent accompagnée d'un certain nombre de phénomènes secondaires, dont la nature et l'importance dépendent essentiellement de la structure moléculaire des corps mis en présence. Ces phénomènes secondaires concernent notamment l'apparition de mélanges azéotropiques et la formation d'alcènes, qui peuvent être observés séparément ou simultanément.

La présente Note a pour objet de signaler la présence de mélanges azéotropiques dans la préparation des éthers-oxydes aliphatiques suivants : Méthoxypropane, Méthoxybutane, Éthoxyméthyl-2 propane, Méthyléthoxybutane. Ces mélanges azéotropiques se forment aux dépens de l'éther-oxyde attendu et de l'excès d'alcool utilisé dans la formation de l'alcoolate alcalin. Les éthers-oxydes précédents ont été obtenus, respectivement, par action des bromures de propyle et de butyle sur le méthylate de sodium et des bromures d'éthyle et de butyle sur l'isobutylate et l'isopropylate de sodium.

Au cours de la distillation du méthoxybutane en présence de l'excès de méthanol apparaît un long palier à 56°,3, puis la température s'élève progressivement jusqu'à 65°, température d'ébullition du méthanol, sans qu'on puisse observer la moindre stabilisation de la colonne thermométrique. La variation de la composition du distillat a été suivie à l'aide de mesures d'indices de réfraction sur des prélèvements successifs. L'indice de réfraction est constant pour les divers prélèvements correspondants au palier de distillation, indiquant la présence d'un azéotrope.

La composition centésimale du mélange alcool — éther-oxyde au point d'eutéxie a été déterminée par dosage de l'alcool suivant la technique indiquée

par MM. Delaby et Sabetay [1], pour le dosage des fonctions alcools primaires et secondaires dans les milieux acides



$$\mathrm{ROH + (CH_3CO)_2O + pyridine = ROCOCH_3 + CH_3CO_2H + pyridine.}$$

Après réaction et hydrolyse de l'excès d'anhydride acétique, l'acidité du milieu est déterminée au moyen d'une solution de potasse alcoolique demi-normale.

En l'absence d'acidité initiale, le pourcentage d'alcool est donné par la formule:

$$\frac{(N-n)}{1000} c_N \frac{M}{p} 100,$$

c_N, concentration de la solution alcaline exprimée en normalité;
N, nombre de centimètres cubes de potasse alcoolique utilisés dans l'essai-témoin;
n, nombre de centimètres cubes de potasse alcoolique pour le dosage;
M, masse moléculaire de l'alcool à doser;
p, poids de la prise d'essai.

Pourcentage d'alcool méthylique trouvé pour le mélange méthoxybutane-alcool méthylique : 35,35.

Nous avons opéré d'une façon identique pour l'étude des autres mélanges azéotropiques, les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

Composition des mélanges.	Point d'ébullition sous 743mm Hg (°C).	Alcool au point d'eutexie. (%).	n_D^{20}.
Méthoxypropane et méthanol	38	11,94	1,3549
Méthoxybutane et méthanol	56,3	35,35	1,3600
Éthoxyméthyl-2 propane et isobutanol	78	18,43	1,3764
Méthyléthoxybutane et isopropanol	79	71,91	1,3800

De leur côté, les constantes des éthers-oxydes purs sont réunies dans le tableau ci-après :

Éther-oxyde.	Point d'ébullition sous 743mm Hg (°C).	n_D^{20}.
Méthoxypropane	39	1,3590
Méthoxybutane	71	1,3783
Éthoxyméthyl-2 propane	79	1,3749
Méthyléthoxybutane	103	1,3870

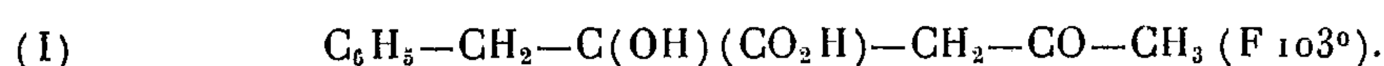
L'étude des autres phénomènes secondaires concernant les composés précédents et d'autres préparations est en cours d'exécution; l'ensemble fera l'objet d'un Mémoire détaillé.

---

[1] *Bull. Soc. Chim.*, (5), **2**, 1935, p. 1716.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparations et propriétés de quelques acides éthyléniques γ cétoniques arylés.* Note de M. **Paul Cordier**, présentée par M. Marcel Delépine.

1. Nous avons repris l'étude de la déshydratation de l'acide α-benzyl-α-hydroxylévulique (I) (dénommé acide acétone-phénylpyruvique) (¹)


(I) $C_6H_5-CH_2-C(OH)(CO_2H)-CH_2-CO-CH_3$ (F 103°).

Une série d'essais systématiques nous ont permis de préciser les faits suivants : sous l'action de ClH en milieu acétique à 90-95° au bout de 1 heure 30 minutes on obtient bien l'acide éthylénique F 95° déjà décrit par nous [1], [2], sous l'action plus prolongée du réactif ou en élevant la température jusqu'à celle de l'ébullition du mélange (env. 115°) on isole surtout un acide isomère F 120° beaucoup moins soluble dans le benzène.

Il nous avait semblé logique, étant donné la position favorisée du groupement $-CH_2$ voisin du carbonyle dans l'acide alcool (I), d'admettre le départ d'un H fixé sur le C intéressé et d'en déduire pour le corps F 95° la structure d'un acide α-benzyl-β-acétylacrylique (II)


(II) $C_6H_5-CH_2-C(CO_2H)=CH-CO-CH_3$.

On pouvait donc penser que l'isomère F 120° serait du type *trans* par rapport au corps (II).

Pour trancher la question, nous avons fait appel à l'oxydation permanganique effectuée à la température du laboratoire en milieu alcoolique (alcool éthylique à 95°) ou en solution aqueuse bicarbonatée.

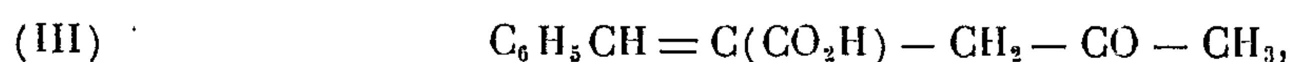
Les résultats analytiques obtenus nous permettent de préciser définitivement la structure des deux corps.

L'acide éthylénique F 95° possède bien la structure indiquéee (II), l'oxydation donne en effet naissance à de l'acide phénylpyruvique facilement décelable par la coloration vert intense donnée avec $FeCl_3$, après élimination par filtration de l'oxyde de manganèse, légère acidification du liquide et addition d'un peu d'alcool dans le cas où la réaction est opérée en milieu aqueux; par contre, le même essai sur l'acide F 120° donne naissance à de l'aldéhyde benzoïque et à de l'acide acétylpyruvique qui se colore en rouge en présence de $FeCl_3$, ce corps répond donc à la structure d'un acide α-benzyli-

---

[1] P. Cordier, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 918.
[2] P. Cordier, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 49.

dènelévulique (III)



(III) $$C_6H_5CH = C(CO_2H) - CH_2 - CO - CH_3,$$

composé déjà décrit dans les publications (³).

Ainsi le premier temps d'action du réactif déshydratant consiste dans la création d'une double liaison formée par départ d'un H fixé sur le C voisin du carbonyle de l'acide (I); sous l'action de la chaleur la double liaison se déplace et l'on obtient un groupement benzélidénique; l'acide (III) constitue donc, dans les conditions opératoires réalisées, la forme stable vers laquelle tend la molécule envisagée.

2. L'acide α-benzyl β-acétylacrylique (II) se condense moléculairement avec l'aldéhyde benzoïque, vers 2° en milieu hydroalcoolique en présence de potasse, pour donner au bout de 48 heures, un composé que nous avons isolé par précipitation acide et par purification dans le benzène bouillant; ce corps bien cristallisé, incolore, fond à 179°; son poids moléculaire déterminé acidimétriquement correspond à celui d'un acide α-benzyl β-cinnamylacrylique



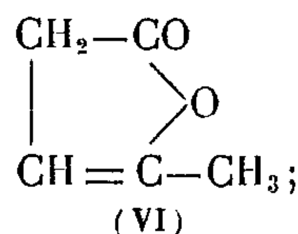
(IV) $$C_6H_5{-}CH_2{-}C(CO_2H) = CH{-}CO{-}CH = CH{-}C_6H_5.$$

Or l'oxydation permanganique donne bien de l'aldéhyde benzoïque mais nous n'avons jamais constaté la formation d'acide phénylpyruvique ainsi que le laisse prévoir la formule (IV). Nous sommes amené à attribuer à l'acide isolé la structure d'un acide α.δ-dibenzylidènelévulique (V)



(V) $$C_6H_5{-}CH = C(CO_2H){-}CH_2{-}CO{-}CH = CH{-}C_6H_5.$$

Ce corps semble analogue au produit décrit dans les publications (⁴) et obtenu par condensation de 2^{mol} d'aldéhyde benzoïque avec la lactone α angélique (VI) dérivée de l'acide lévulique

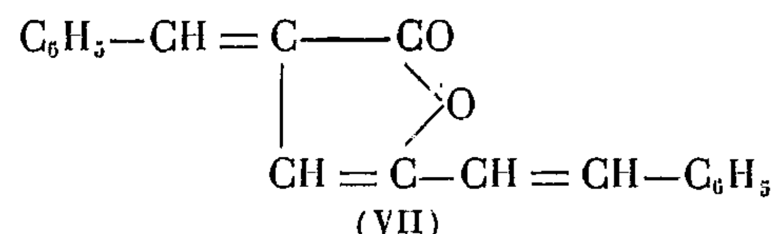


les auteurs donnent deux formules probables, celle que nous proposons (V) et une autre correspondant à un acide α.β-dibenzylidène lévulique; le point de fusion (176°) indiqué par les auteurs nous laisse penser que le produit obtenu par eux répond comme le nôtre à la formule (V). La structure d'un acide α.β-dibenzylidènelévulique ne peut être retenue pour le composé que nous avons isolé; nous avons vérifié que par action de l'hypobromite de sodium en milieu alcalin ou de l'iode en milieu alcalin nous ne pouvons constater la

(³) THIELE, TISCHBEIN et LOSSOW, *Ann. der Chem.*, **319**, 1901, p. 188.

(⁴) THIELE, TISCHBEIN et LOSSOW, *Ann. der Chem.*, **319**, 1901, p. 190.

formation de bromoforme ou d'iodoforme, ce qui, à notre avis, exclut dans la molécule la présence d'un groupement $—CO—CH_3$. La structure proposée, en accord avec les résultats de l'oxydation permanganique, répond également à la facilité avec laquelle le corps en question se transforme, sous l'influence de ClH à froid en milieu acétique, en lactone jaune cristallisé F 160° (VII)



(VII)

qui par saponification régénère l'acide (V).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sulfoxydes et sulfones mésodiphénylanthracéniques.* Note de M. **Robert Panico**, présentée par M. Charles Dufraisse.

L'atome de soufre, directement lié au noyau mésodiphénylanthracénique en position 2, en plus de son influence propre vis-à-vis du phénomène de l'union labile de l'oxygène au carbone, pourrait constituer un accepteur d'oxygène, soit à la photooxydation, soit à la thermolyse. J'ai décrit dans une précédente Note [1] le comportement photochimique du méthylthio-2 diphényl-9.10 anthracène (I). L'expérience a montré que l'oxydation du soufre, si elle avait lieu, ne se produisait qu'à la dissociation du photooxyde et ne constituait qu'une réaction accessoire : il n'a pas été isolé de produit d'oxydation défini dans les résidus résineux de la thermolyse.

Je me suis proposé de préparer, par voie chimique, le sulfoxyde et la sulfone dérivant du thioéther (I). Celui-ci, traité par une solution de brome dans le tétrachlorure de carbone, donne un dibromure intermédiaire (non isolé) qui, par hydrolyse, conduit au méthylsulfinyl-2 diphényl-9.10 anthracène $C_{27}H_{20}OS$ (II) (F_{inst} 203°) avec un rendement de 70 % environ.

L'oxydation du méthylthio-2 diphényl-9.10 anthracène, ou du sulfoxyde (II) en solution acétique au moyen de l'eau oxygénée à 110 volumes, fournit avec un rendement excellent le méthylsulfonyl-2 diphényl-9.10 anthracène : $C_{27}H_{20}O_2S$ (III) (F_{inst} 246-247°).

L'oxydation plus poussée du thioéther (I) n'a donné aucun produit défini : il y a résinification.

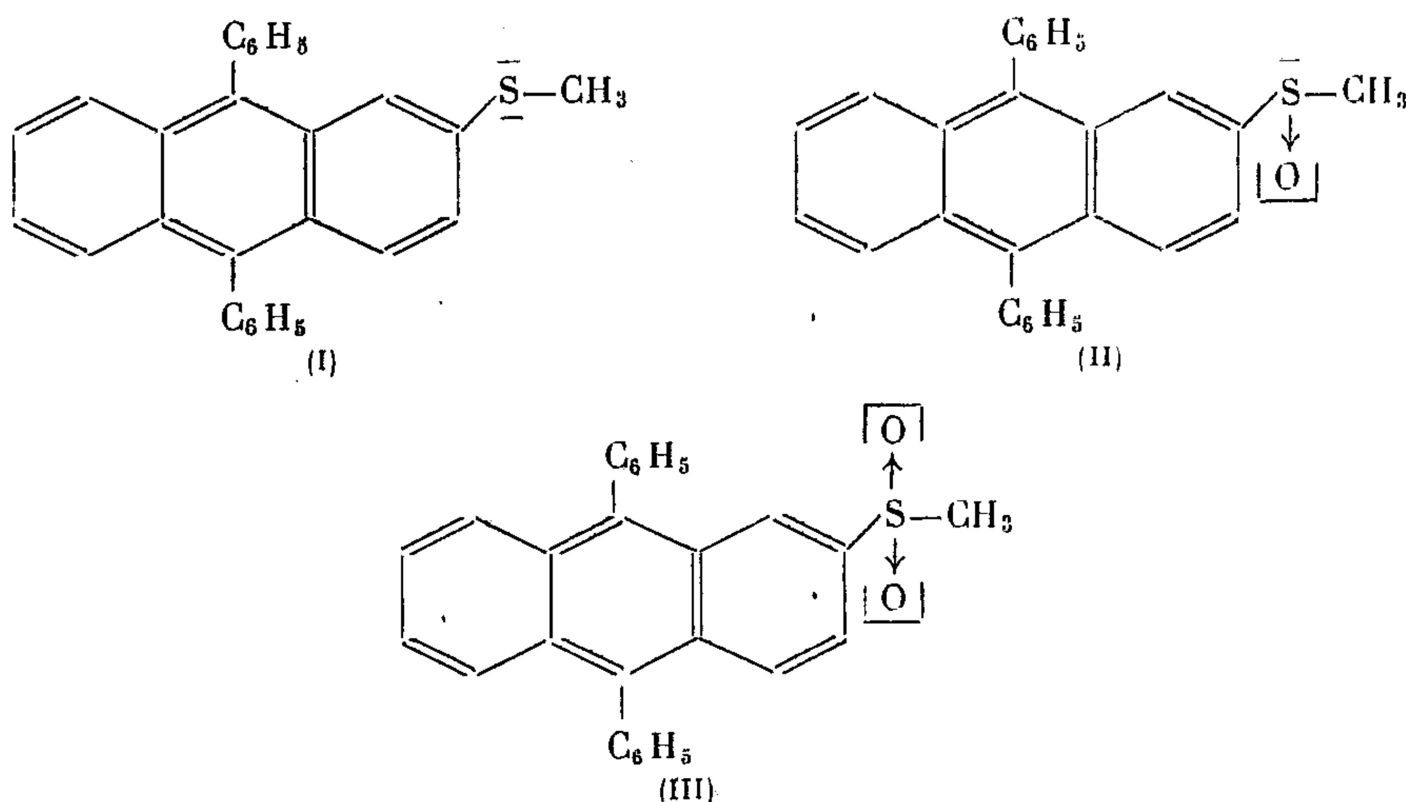
J'ai soumis à la photooxydation le sulfoxyde (II) et la sulfone (III). Tous deux ont donné le photooxyde attendu ; toutefois, il faut une insolation plus prolongée que dans le cas du thioéther (I) (1 heure pour le sulfoxyde et 2 heures et demie pour la sulfone par beau temps au lieu d'une demi-heure environ pour le thioéther).

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 719-720.

Le photooxyde de méthylsulfinyl-2 diphényl-9.10 anthracène : $C_{27}H_{20}O_3S$ (F_{inst} 193-195°) se dissocie dès 140-145° en libérant 84 % d'oxygène et 10 % d'anhydride carbonique. Les résidus de la thermolyse sont très résineux.

Le photooxyde de sulfoxyde (II) se comporte comme celui du thioéther (I). Il n'en est plus de même pour le photooxyde de méthylsulfonyl-2 diphényl-9.10 anthracène : $C_{27}H_{20}O_4S$ (F_{inst} 245-248°) pour lequel la dissociation ne se produit qu'à 175-180°, avec restitution de 91 % de son oxygène et régénération de la sulfone (III) pratiquement pure.

L'oxydation du reste thiométhyle diminue la sensibilité de la molécule à la photooxydation. De plus, la stabilité des photo-oxydes se trouve augmentée en passant du sulfoxyde (dont l'atome de soufre est porteur d'un doublet libre d'électrons) à la sulfone. L'influence mobilisante du groupement thiométhyle (ou méthylsulfinyle) sur l'oxygène photo-oxydique, revenant sans doute au phénomène de mésomérie dû aux doublets libres d'électrons de l'atome de soufre, ne se manifeste plus dans le cas de la sulfone : le photooxyde se comporte alors comme celui du mésodiphénylanthracène.



CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur quelques nouveaux exemples de groupements épitaxiques entre cristaux de symétries différentes.* Note de M. **Louis Royer**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les groupements épitaxiques nouveaux entre cristaux de bromure de plomb et de bromure de potassium, de bromure de plomb et de calcite, de nitrate de sodium et de bromure de potassium sont décrits. Les résultats obtenus précédemment dans l'étude de l'orientation des cristaux de bromure de plomb par un clivage de mica sont revus et complétés.

1. Le cristal orthorhombique de bromure de plomb Br_2Pb a les paramètres $a = 4{,}71$ Å, $b = 7{,}99$ Å et $c = 9{,}48$ Å (¹). On a sensiblement $b = a\sqrt{3}$;

(¹) H. Bräkken et L. Harang, *Zeitschrift f. Kristallographie*, 68, 1928, p. 129.

$c = 2a$ et $\sqrt{a^2 + b^2} = 2a = c$, de sorte que la rangée [001] du cristal est un axe pseudo-sénaire, et les rangées [010] et [110], des axes pseudo-quaternaires.

Ces conditions géométriques permettent des orientations mutuelles de cristaux de Br_2Pb se déposant sur des cristaux de symétries sénaires ou cubiques réelles ou approchées.

L'expérience confirme cette idée.

2. Comme cristal-support de symétrie cubique, le bromure de potassium m'a paru convenir. En effet, son paramètre dans le plan de clivage $p(001)$ suivant la rangée [110] (diagonale de la face du cube) est $6,59 . \sqrt{2} = 9,29$ Å, valeur proche à la fois de celles des rangées

[110] (9,32 Å), [100] (2.4,71 Å = 9,42 Å) et [001] (9,48 Å) de Br_2Pb.

Lorsqu'on étale une mince couche d'une solution concentrée de Br_2Pb dans l'eau bouillante sur un clivage frais d'un cristal de BrK, on constate que tout cristal de Br_2Pb qui prend naissance au contact d'une face de cube de BrK est orienté, de telle manière que la direction de l'allongement des cristaux aciculaires de Br_2Pb (directions d'extinction entre nicols croisés) coïncide avec l'une ou l'autre des deux diagonales de la face $p(001)$ de BrK.

En raison de la taille trop faible des cristaux déposés, je n'ai pu préciser quelle est la face du cristal de Br_2Pb qui dans cet accolement coïncide avec la face $p(001)$ de Br_2K. Je présume que ce doit être la face $g^1(010)$ ou une face $m(110)$.

3. Ayant ainsi réalisé une orientation des cristaux de Br_2Pb sur une face $p(001)$ de BrK et ayant précédemment signalé l'orientation de cristaux de BrK se déposant sur un clivage de calcite ([2]), des essais d'orientation de Br_2Pb par la calcite, s'imposaient.

Une grande partie des cristaux aciculaires de Br_2Pb qui se déposent sur un clivage frais de spath d'Islande sont orientés de telle manière que leur direction d'allongement coïncide avec la petite diagonale de la face $p(001)$ du minéral. Ces cristaux orientés de Br_2Pb et la calcite support sont entre nicols croisés à l'extinction en même temps.

L'aspect de ces cristaux de Br_2Pb orientés par la calcite est exactement le même que celui des cristaux orientés par le bromure de potassium. Il semble bien que le plan d'accolement de Br_2Pb est le même sur la face $p(001)$ du cube de BrK et sur la face $p(001)$ du rhomboèdre de calcite, et que c'est la même rangée de Br_2Pb qui coïncide avec l'une ou l'autre des deux diagonales de la face $p(100)$ de BrK et avec la courte diagonale de la face $p(001)$ de la calcite.

4. A la suite des essais ci-dessus et des données qui en découlent, j'ai repris les expériences d'orientation de Br_2Pb par le mica que j'avais effectuées antérieurement ([3]).

([2]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1418.
([3]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 567.

Les cristaux de Br_2Pb orientés par la muscovite ont un faciès totalement différent de celui des cristaux de Br_2Pb orientés par BrK ou la calcite; leur aspect triangulaire ou hexagonal rappelle dans tous les détails, l'accolement des cristaux de ClK orientés par une de leurs faces $a^1(111)$ sur le mica.

La face d'accolement de Br_2Pb sur le mica est certainement autre que celle qui assume ce rôle dans l'épitaxie sur BrK ou CO_3Ca. Elle ne doit pas être $g^1(010)$ comme je l'ai indiqué précédemment [4], mais plus probablement $p(001)$ de Br_2Pb qui est pseudo-sénaire ou bien une des faces de la protopyramide $b^{\frac{1}{2}}(111)$ qui possède une maille multiple pseudo-sénaire.

5. Une solution alcoolique de nitrate de sodium dépose sur un clivage frais de bromure de potassium des rhomboèdres NO_3Na ayant quatre orientations différentes, symétriques deux à deux par rapport aux plans de symétrie (100) et (010) perpendiculaires à la face $p(001)$ du support. Une face $p(001)$ du rhomboèdre de NO_3Na coïncide avec la face $p(001)$ de BrK; et l'une ou l'autre des deux arêtes de la face $p(001)$ de NO_3Na a même direction que l'une ou l'autre arête [100] ou [010] de la face $p(001)$ de BrK. Les paramètres qui coïncident dans les deux espèces ont des valeurs très voisines : 6,58 Å pour BrK et 6,47 Å pour NO_3Na.

GÉOLOGIE. — *Précisions sur les* Cancellophycus *du Jurassique*. Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

Les *Cancellophycus* du Jurassique, considérés depuis de Saporta [[1] p. 131-135] comme des Algues d'affinités tout à fait énigmatiques, ont fait ici même l'objet d'une Note [2] dans laquelle j'affirmais qu'ils étaient des Alcyonaires. Cette opinion a été discutée [3], [4], [5], [6]; mais j'ai réuni depuis un matériel qui me permet de préciser davantage, en *rapportant ces fossiles à une famille des Pennatulacés, très proche des Rennilidés actuels*.

Les documents proviennent du Lias, du Dogger et du Callovien d'Algérie occidentale, du Dogger et du Berriassien de Provence, du Dogger des Alpes suisses, etc.

La forme générale, classique, est celle d'une *queue de coq*, spirale plus ou moins aplatie (Lias, Dogger), ou cône spiral, à un ou plusieurs tours, surbaissé (Callovien, Berrias) toujours disposé la pointe en haut; les fossiles couvrent la surface des bancs, et, par suite de la

(4) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 568.

(1) *Paléontologie française*, 11e serv., 1, 1873.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1914.

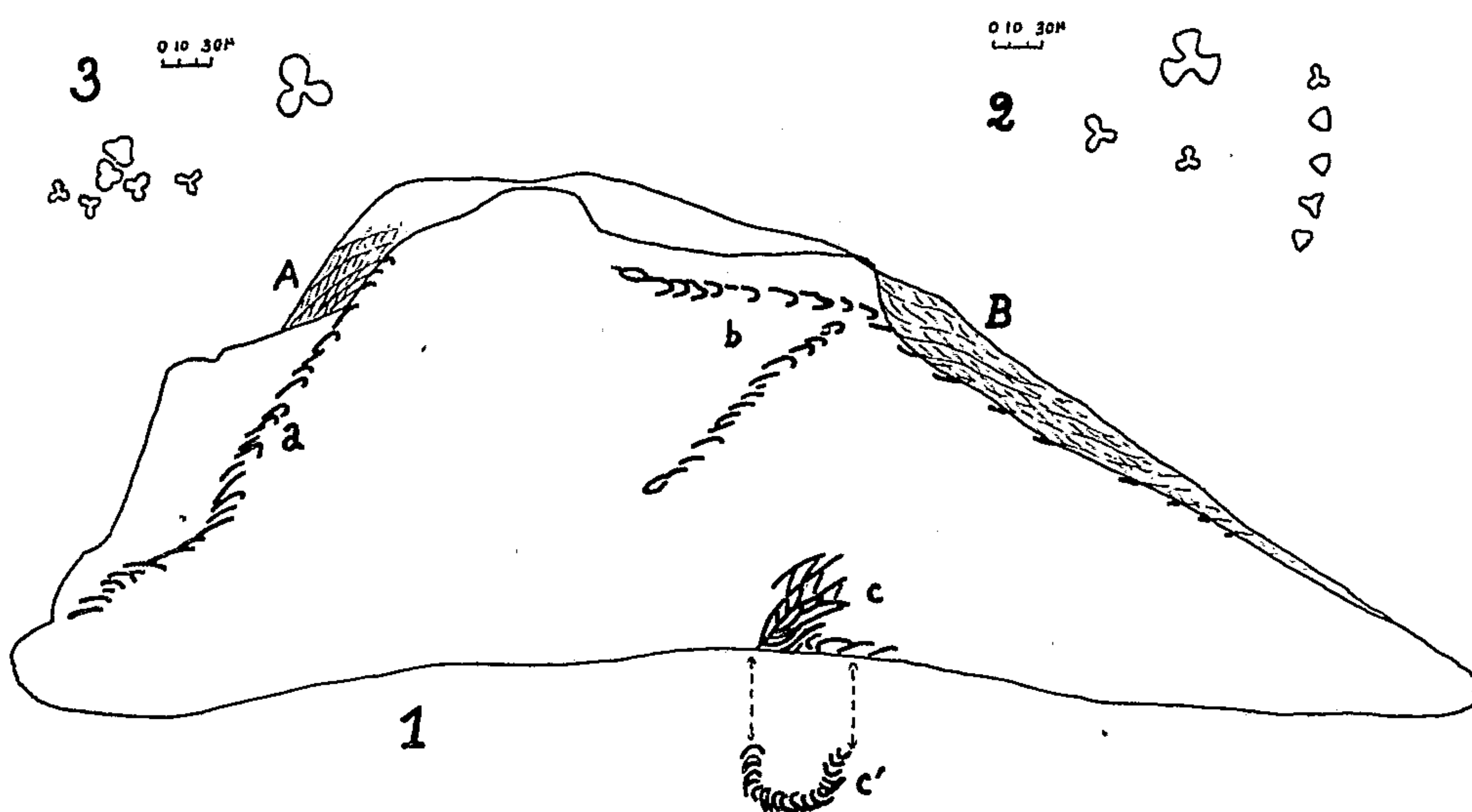
(3) L. Dangeard, *Bull. Soc. Lenn. Normandie*, 9e serv. 5, 1946-1947.

(4) R. Legrand, *Bull. Soc. Belge de Géol.*, 7, 1948, p. 397.

(5) P.-L. Maubeuge, *Bull. S. G. F.*, 19, 1949, p. 43.

(6) J.-G. de Clarena, *Notas y Comm. Inst. Geol. y Minero de Espana*, no 19, 1949, p. 121.

compaction du sédiment, ont le plus souvent perdu presque tout leur relief. Néanmoins, il a été possible de pratiquer des plaques minces dans leur épaisseur; elles ont montré que le réseau visible en surface est constitué par d'étroites bandelettes lamellaires; celles-ci sont riches en minces baguettes allongées, formées d'un cristal de calcite unique, très généralement de couleur fauve. Une préparation du Bathonien de la Cluse de Chasteuil, près de Castellane, présente plusieurs baguettes coupées transversalement; quelques-unes de ces sections, triangulaires ou même trilobées, évoquent avec intensité les spicules de Pennatulacées : cristal unique de calcite, section trifoliée décrite par Kölliker (7) et dont j'ai vérifié la réalité.



1. *Cancellophycus* du Dj. Nador. Section en grandeur naturelle du cône spiral. En A et B, surface extérieure du cône. En *a* et *b*, section du limbe. En *c*, section parallèle à la surface de la spire intérieure du cône. En *c'*, section transversale de la même spire, reportée pour comparaison.

2. Section de spicules de *Cancellophycus* du Bathonien de Chasteuil (× 150).

3. Sections de spicules de *Pennatula* (× 150).

Un échantillon du Callovien du Dj. Nador (Tiaret) a échappé à la compaction grâce à l'action d'une éponge qui l'encroûtait (*cf.* L. Dangeard, *loc. cit.*). Sa forme en cornet est très caractéristique; plusieurs tours de spire pénètrent profondément dans la roche; la structure peut être étudiée de très près. Les bandelettes constituant le réseau ont les formes indiquées sur la figure; elles sont colorées en brun; elles contiennent les spicules habituels, tandis que la roche voisine, qui a pris la place du Spongiaire encroûtant, renferme uniquement des spicules d'Éponge.

Dans ces conditions, j'estime que les bandelettes riches en spicules correspondent aux parois de polypes, ce qui explique leur disposition réticulée. Ces polypes sont groupés sur un limbe continu, comme dans le genre actuel Renilla.

---

(7) *Anatomisch. systematische Beschreibung der Alcymarien*, 1, Part., Pennatuliden.

On comparera utilement les figures 1 de Saporta (*loc. cit.*, pl. X) et 169 de Kölliker [(8), pl. XX]. L'enroulement spiral du limbe n'est que l'exagération de la tendance montrée par la figure 175 de Kölliker, *loc. cit.*, pl. XX. chez *Renilla mollis.*

Comme les *Renilla* les *Cancellophycus* devaient être fixés dans la vase par un pied vésiculeux (*vexillum*), ce qui explique qu'on n'ait jamais signalé d'organe de fixation. Ils possédaient de plus, comme *Pennatula*, un axe calcaire, mais celui-ci, au lieu d'être droit, était entraîné dans le mouvement général spiralé.

Ces observations précisent l'idée qu'on peut se faire de ces organismes, en attendant une description plus complète, que je prépare actuellement, d'autant plus qu'au moment de déposer cette Note, j'ai appris par M. Louis Dangeard que l'étude morphologique des échantillons de la Mâlière l'amène lui-même à rapprocher les *Cancellophycus* des Pennatulacés. Ses matériaux feront l'objet d'une étude commune.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de calcaires récifaux d'âge jurassique au Djebel Zaghouan (Tunisie septentrionale).* Note (*) de M. **Gilbert Castany**, présentée par M. Paul Fallot.

Le Jurassique du Djebel Zaghouan a fait l'objet de nombreux travaux. Décrit dès 1888 par G. Le Mesle (1), il fut étudié par A. Baltzer (1893-1895), E. Ficheur et E. Haug (1896) (2) et L. Pervinquière (1903-1907) (3). M. Solignac y consacre, en 1927, un chapitre de sa thèse. Ces auteurs avaient conclu à la présence d'un Lias calcaire surmonté, en transgression, par l'Argovien auquel succède le Tithonique. Des études détaillées de stratigraphie et de paléontologie nous ont permis de réviser les données précédentes et d'y apporter de notables modifications, qui ont leur répercussion sur les idées que l'on avait de la structure du massif et de la paléogéographie du sillon tunisien.

Au-dessus du Lias, qui fera l'objet de Notes ultérieures, on connaît du Dogger et du Malm. Si les faciès du Jurassique inférieur et moyen sont constants, il n'en est pas de même pour le Jurassique supérieur sujet à d'importantes variations latérales et verticales. Aux couches à *Lioceras opalinum* Rein. de l'*Aalénien* sont superposés des calcaires et des grès feuilletés qui, sur 15^m de puissance, représenteraient le Bajocien. En transgression et en concordance de pendage viennent des calcaires noduleux, parfois bréchoïdes et des schistes rouges très fossilifères. Affleurant en de nombreux points, ils constituent un

---

(8) *Icones Histiologicæ*, II, tab. XIX, *fig.* 16.

(*) Séance du 13 mars 1950.

(1) *B. S. G. F.*, (3), **17**, p. 63 et *Comptes rendus*, **106**, 1888 p. 684.

(2) *Comptes rendus*, **122**, 1896, p. 1354.

(3) *Étude géologique de la Tunisie Centrale*, Thèse, Paris, 1903.

excellent niveau repère. C'est *l'Argovien* (zone à *Peltoceras transversarium*), premier étage identifié. Nous y citerons : *Phylloceras mediterraneum*, Neumayr; *Sowerbyceras tortisulcatum*, d'Orb.; *Oppelia arolica*, Opp.; *Perisphinctes simoceroides*, Font.; *Euaspidoceras œgir*, Opp. Puis des calcaires noduleux gris, avec apparition d'*Ochetoceras marantianum*, d'Orb. indiquent la zone à *Peltoceras bicristatum* déjà signalée par M. Solignac au Sud du Djebel Stah.

Les couches supérieures présentent deux faciès très différents suivant les coupes.

Le premier, observé aux ennoyages méridionaux (Djebel Stah, Kef el Krouma) et au Kef el Blidah, est bien connu depuis les travaux de M. Solignac. Des alternances de calcaires bleus ou gris, rognoneux à la base, et de marnes jaunâtres renferment une faune caractéristique du Tithonique (*Lytoceras polycyclum*, Neumayr, *Lytoceras quadrisulcatum*, d'Orb.; *Sowerbyceras loryi*, Mun.; *Phylloceras serum*, Opp.; *Ph. calypso*, d'Orb.; *Perisphinctes transitorius*, Opp.; *P. senex*, Opp.; *Haploceras carachteis*, Zeusch.; *Pygope janitor*, Pict.). La série se termine par des calcaires bleus à Calpionelles que recouvre le Berriasien bathyal. La puissance totale varie de 50 à une centaine de mètres.

Le second faciès que nous avons identifié récemment prend part à la constitution de tous les sommets (Petit Zaghouan, Poste Optique, Kef el Orma, Grand Pic). En concordance de sédimentation, les calcaires noduleux à *Ochetoceras marantianum* (Lusitanien) sont suivis par des calcaires en bancs, souvent rubanés, à lits de silex dont la petite taille les différencie nettement de ceux du Domérien, plus volumineux. Bien développés dans les falaises du Poste Optique et du Grand Pic ils avaient été attribués au Lias par nos prédécesseurs. Ils se terminent par des calcaires zoogènes à Rudistes, Nérinées, Polypiers, Spongiaires, radioles de Cidaridés. Mlle Deschaseaux y a reconnu un *Heterodiceras* voisin de *H. luci* du Kimméridgien-Portlandien. C'est de ce niveau que proviennent les Hydrozoaires (*Ellipsactinia*) déterminés par M. Canavari. Les dernières couches qui, à la Nymphée, renferment quelques Ostracées, s'ennoient régulièrement sous le Néocomien. Leur épaisseur dépasse 500^{m}.

Cette découverte est à rapprocher des observations de L. Pervinquiere qui, en 1906 (1), signale au Djebel Ressas, dans les calcaires massifs à *Ellipsactinia*, une faune Kimméridgienne (*Simoceras venetianum*, Zitt.; *Prosopon marginatum*, Meyer). Récemment M. Morer géologue à la Société Minière de Peñroya y a trouvé un *Heterodiceras luci*.

L'étude stratigraphique du Djebel Zaghouan montre donc la présence, aux points culminants, d'une puissante assise de calcaires récifaux d'âge Kimméridgien-Portlandien, attribués jusqu'à présent au Lias. On notera les brusques variations de faciès entre ces derniers et les couches du Tithonique. Ces recherches ont pour conséquence la simplification de l'interprétation tectonique de la Dorsale Tunisienne. Les chevauchements disparaissent pour faire place à une série continue, accidentée de failles à faibles rejets.

Plus au Sud, les monts du Saïdane et du Fkirine présentent un Tithonique profond. Au Nord, les dépôts récifaux connus au Ressas n'ont pas atteint le Bou Kornine d'Hammam-Lif.

---

(1) *B. S. G. F.*, (4), 6, p. 481.

Du point de vue paléogéographique les récifs du Zaghouan et du Ressas militent en faveur de l'hypothèse de la préexistence de la chaîne, dès le Jurassique, sous forme de rides accidentant le sillon Tunisien.

GÉOPHYSIQUE. — *L'influence solaire sur la couche* E *normale de l'ionosphère.* Note de M. **Ewald Harnischmacher**, présentée par M. Jean Cabannes.

De sa théorie de l'ionisation d'une couche ionosphérique, Chapman avait déduit, pour la variation de la fréquence critique f_c en fonction de l'angle zénithal du Soleil χ, une loi (1) de la forme

$$f_c = \mathrm{K} \cos^n \chi, \qquad \text{avec} \quad n = \frac{1}{4}.$$

On a cru longtemps que cette loi s'appliquait assez bien à la couche E de l'ionosphère (2). Mais nous avons pu constater au cours d'un travail antérieur (3) que l'examen des mesures de quatre stations conduisait à adopter une valeur plus grande de l'exposant (0,31 en moyenne). Nous avions constaté une influence de la latitude sur la valeur de n et aussi sur le facteur K, ce dernier variant également avec l'activité solaire. Les mesures utilisées étaient celles de Washington (1935-1941), de Huancayo (Pérou), de Watheroo (Australie) (1938-1941) et enfin de Kochel (Allemagne) (1940-1943).

A la même époque, Waldmeier (4) avait publié une étude, dont il concluait qu'un exposant de 1/3 correspondait mieux aux mesures de Kochel (seulement examinées) que l'exposant 1/4.

Depuis ce temps, les séries de mesures ont augmenté et nous avons repris le travail avec les observations de Huancayo (1940-1948), de Watheroo (1940-1948), de Kochel puis de Fribourg (1940-1949), de Great Baddow puis de Slough (Angleterre) (1942-1948), en somme les observations de 318 mois.

Nous avons d'abord cherché l'axe de symétrie des courbes représentant la moyenne mensuelle des fréquences critiques quotidiennes en fonction de l'heure. L'heure ainsi trouvée correspondait très exactement (à $\pm$ 2 minutes près) au midi vrai de la station en question. Les décalages par rapport au temps local moyen donnés par l'équation du temps sont donc perceptibles.

Ensuite nous avons trouvé la courbe représentant $\log f_c$ en fonction de $\log \chi$ pour tous les mois. Les points correspondant aux mesures sont situés sensible-

(1) S. Chapmann, *Proc. Phys. Soc.*, **43**, 1931, p. 26 et 423; *Proc. Roy. Soc.*, A **132**, 1931, p. 353.

(2) E. V. Appleton, *Proc. Roy. Soc.*, A **162**, 1937, p. 451.

(3) *Dtsh. Luftfahrtforschung*, UM, 1944, p. 827.

(4) *Helv. Pkys. Acta.*, **17**, 1944, p. 168.

(5) K. Rawer, *Dtsch. Luftfabrtforschung*, 1944, FB 1943; *Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 234.

ment sur une droite dont la pente donne l'exposant n, le facteur K étant donné par le point d'intersection avec l'axe des ordonnées. Pour les valeurs K et n ainsi trouvées, nous avons constaté une influence de la latitude et de l'activité solaire, caractérisée par la moyenne mensuelle R du nombre relatif des taches (nombre de Wolf). Il est remarquable que les valeurs mensuelles sont déjà en bonne corrélation avec les R mensuels (tandis que la corrélation entre la fréquence critique de la couche F_2 et le nombre de Wolf n'est bonne que pour les moyennes glissantes ([5]). Sous toute réserve, étant donné le petit nombre de stations, disposant d'une série de mesures suffisamment longue, nous résumons les résultats trouvés par les équations :

$$K = 2,25 + 1,5 \cos\varphi + [0,01 - 0,007 \cos\varphi] R,$$
$$n = 0,21 + 0,12 \cos\varphi + 0,0002 R.$$

On en déduit une valeur de n comprise entre 0,29 et 0,32 pour la latitude de 48°, et pour l'équateur entre 0,33 et 0,36 (si R varie entre 0 et 150). On n'appliquera pas nos formules pour les latitudes au delà de 60°.

Enfin le coefficient K subit une influence annuelle de l'ordre de $\pm 2,5\%$, atteignant son maximum en décembre, et qui est presque la même pour toute la terre (hémisphères Nord et Sud).

On peut aisément déduire de la variation annuelle de la distance entre le Soleil et la Terre une influence de cet ordre de grandeur sur le coefficient K.

Des résultats détaillés seront publiés ultérieurement.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la géologie des gorges sous-marines de Toulon.* Note de M. **Jacques Bourcart** et Mlle **Claude Lalou**, présentée par M. Paul Fallot.

Trois dragages géologiques ont été réussis au cours de la campagne 1949 dans les gorges sous-marines qui entaillent le socle continental au large de Toulon ([1]). Le premier dragage (Dr 4) a raclé les parois de la rive droite de la gorge centrale dite de Toulon, entre —500 et —100^m. Les matériaux ramenés sont les suivants :

a. Blocs très volumineux, nettement arrachés des parois, de phyllades siluriennes, dites de Sicié; *b*. fragments anguleux de ces phyllades et surtout de quartz filoniens enrobés dans un ciment argilo-ferrugineux rouge; *c*. gros cailloux (4 à 5^{cm}), parfois enrobés, du grès calcaire du type *d* ci-après, dolomies cristallines (Jurassique du continent), calcaire de type liasique, calcaire urgonien, grès permien (?) altéré; *d*. grès à ciment de calcite avec à la base des granules de quartz filoniens (0^{cm},5) très bien roulés, calcaires gréseux fossilifères profondément corrodés (les cavités contenant un limon jaune à petit gravier quartzeux très roulé). Enfin, un galet très roulé d'une quartzite à muscovite, inconnue dans la région.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 561.

Le second dragage, sur la rive gauche de la gorge de Sicié (Dr 3), de — 500 à — 100^{m}, a ramené de petits fragments de phyllades, et des calcaires gréseux du niveau *d*, riches en *Rotalia* et en Bryozoaires.

Le troisième dragage sur la rive droite de cette gorge (Dr 5), de — 150 à — 100^{m}, n'a réussi qu'à ramener les calcaires gréseux *d*.

En 1948, à bord du *Chasseur* 142, nous avions réussi, dans la gorge de la Cassidagne au large de Cassis, à arracher des parois de grands fragments de phyllades de Sicié recouverts de Polypiers et de Brachiopodes.

L'interprétation qui nous paraît la plus probable est la suivante : le socle serait formé de phyllades de Sicié; les coupes transversales obtenues avec le sondeur continu N. J. 3 montrent que les parois des gorges sont hérissées d'aiguilles, de — 200 à — 450^{m}, modelé caractéristique de schistes. Les conglo mérats ferrugineux, par comparaison avec ceux du rech Lacaze Duthiers (Port-Vendres), pourraient représenter un premier remplissage de la gorge datant du Pliocène supérieur.

Quant aux calcaires gréseux et aux grès calcaires, ils contiennent une faune de Mollusques à l'état de moules internes ou externes (sauf les Pectinidés); M. A. Chavan a bien voulu nous les déterminer : *Loripes* (*Lucina*) *lacteus* Poli var. *lenticularis* Monts, *Chlamys multistriata* Poli, *Jujusinus* (*Trochus*) *striatus* L *Thericium* (*Cerithium*) *vulgatum* Brong., *Chlamys* cf. *varia*. Cette faune, très peu profonde, paraît plutôt quaternaire que pliocène. Aucune forme disparue n'y existe; *Cerithium vulgatum* est littorale.

Du point de vue microscopique, ces grès calcaires ou calcaires gréseux contiennent des quartz granitiques (de 0,4 à 0^{mm},18), parfois des quartz bipyramidés, des orthoses, des biotites, décolorées ou non, de la tourmaline, du sphène. cimentés par de la calcite limpide. Quelques diatomées y sont reconnaissables ainsi qu'une riche faune de Foraminifères (déterminée par P. Marie) : *Rotalia cf. Beccarii, Discorbis sp., Discorbis turbo* d'Orb., *Cibicides lobatulus* W. J., *Cibicidella variabilis* d'Orb., *Eponides sp. Nonion sp. Elphidium crispum* F. M. *Spiroloculina depressa* d'Orb. *Massilina secans* d'Orb., *Pyrgo cf. Sphæra* d'Orb., *Triloculina, Quinqueloculina*. Toutes ces espèces sont littorales, de la zone des algues et herbiers, et très probablement quaternaires.

Une très grande analogie de faciès et de microfaune existe entre ces grès et calcaires et les grès dragués par la regrettée Juliette Pfender à — 100^{m}, au large du Mourillon (diamètre maximum des grains 0^{mm},8) ou ceux qui subsistent sur la côte de Bandol, de Port Cros et de Porquerolles où, dans la plupart des cas, ils passent à des grès dunaires. Les limons qu'ils renferment dans leurs cavités sont comparables à ceux de la Coudourière, à outillage moustérien découverts par H. Parent [2].

L'étude morphologique des coupes en série semble montrer que les phyllades montent jusqu'à — 150^{m} et que le recouvrement par le Pliocène et les calcaires gréseux ou grès serait de 60^{m}.

---

(2) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), 13, 1943, p. 3-7.

Les moules internes de *Lucina* ont été rencontrés dans plusieurs dragages du Plateau; on peut donc conclure que ces grès, qui seraient du Quarternaire ancien, en recouvrent la totalité jusqu'à un littoral voisin de l'actuel, mais bas et plat.

Il semble donc que le socle continental soit constitué, de Cassis à Toulon, par un massif de phyllades analogues à celles qui constituent sur terre le Cap Sicié. Ces phyllades ont pu être découpées par les gorges dès le Pliocène. Le Quaternaire ancien s'est ensuite étendu sur le Plateau. Une régression générale se serait enfin produite au Quaternaire moyen avec recreusement des gorges.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Nouvelle méthode d'étude des sables marins.* Note de MM. **Léopold Berthois** et **Maurice Aubert**, présentée par M. Donatien Cot.

L'étude granulométrique et minéralogique de la fraction légère des sédiments sableux s'effectuait jusqu'à présent par comptage au binoculaire d'échantillons provenant des différentes fractions de tamisage. Les auteurs présentent une nouvelle méthode permettant l'évaluation simultanée du poids des diverses espèces minérales, de leur modalité d'usure et de triage.

La méthode exposée ici s'applique, suivant la classification de J. Bourcart [1], à l'étude des sables dont les éléments sont compris entre 2 et $0^{mm},090$. Les sables de plages contiennent très peu de grains $< 0^{mm},090$.

Le sédiment est tamisé sur dix cribles dont les mailles varient de $2^{mm},062$ à $0^{mm},091$ suivant une progression géométrique décroissante de raison $\sqrt{2}$.

Les fractions sont pesées et un prélèvement est fait sur chaque résidu. Dans la méthode habituelle, les grains sont comptés à la loupe binoculaire et les pourcentages sont calculés en tenant compte des densités des minéraux déterminés.

Dans notre méthode, le triage est effectué à l'aide d'un petit appareil en bronze, composé d'une aire circulaire centrale de 9^{mm} de diamètre autour de laquelle sont disposés six petits entonnoirs creusés dans le métal et aboutissant chacun à un tube de verre préalablement taré.

L'appareil est placé sur la platine d'une loupe binoculaire et le prélèvement est déposé sur l'aire centrale. A l'aide d'une aiguille montée, les minéraux sont répartis dans les alvéoles et recueillis dans les tubes de verre qui sont pesés à la balance de précision.

Des poids relatifs ainsi obtenus, il est facile de déduire le poids réel de chaque minéral dans la fraction de tamisage.

La totalisation des résultats donne la composition minéralogique pondérale du sédiment.

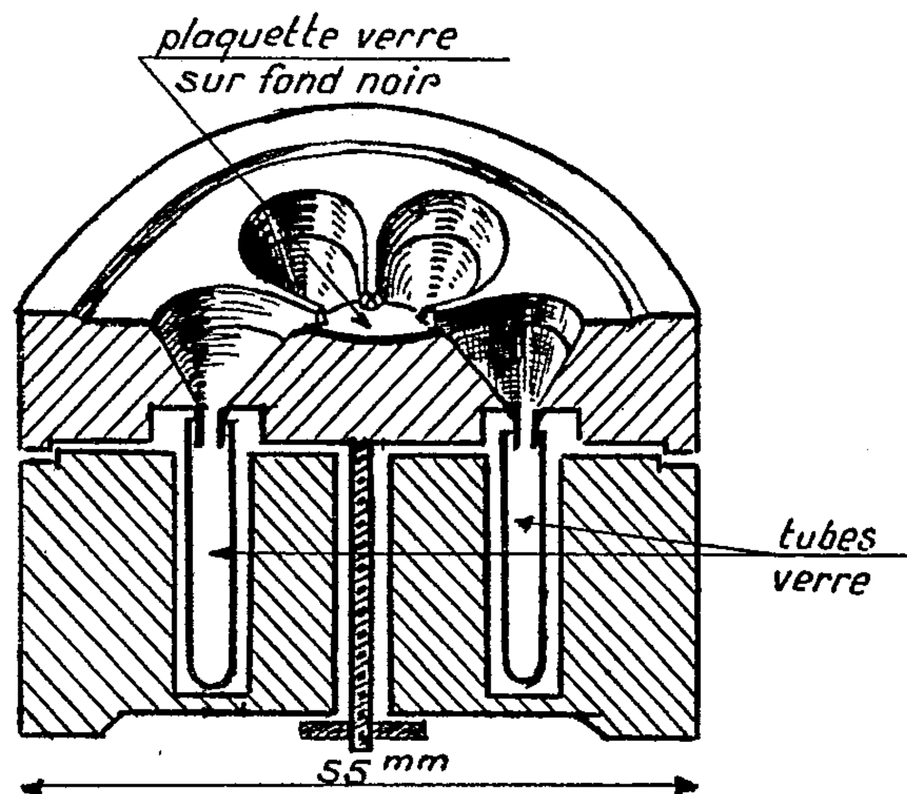
---

(1) *Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 5e S, 11, 1941, p. 117-153.

		Quartz.	Feldspath.	Micas.	Fragments de roches.	Minéraux divers.
Plage du Val André.	Comptage...	79,48	17,60	0,81	0,04	1,04
	Pesées......	68,32	27,55	0,12	0,05	2,93
Plage de Sainte-Anne du Portzic.	Comptage...	68,15	10,85	4,52	14,68	0,95
	Pesées......	69,67	11,00	2,87	14,51	1,10
Lisbonne (Burdigalien).	Comptage...	62,29	28,95	7,48	–	0,26
	Pesées......	65,10	27,77	4,72	–	1,39

Les résultats de ce tableau montrent que l'ancienne méthode de comptage est entachée d'erreurs qui peuvent atteindre :

de 2 à 16,30 % pour le quartz, de 1,36 à 36,1 % pour le feldspath, de 57,5 à 575 % pour le mica, de 13,6 à 81,5 % pour les minéraux divers.



La composition minéralogique pondérale peut être obtenue en réunissant des fractions peu importantes de plusieurs tamis consécutifs en un seul lot, intimement mélangé, sur lequel on opère un prélèvement. L'analyse minéralogique est alors beaucoup plus rapide que par la méthode de comptage et donne des résultats comparables à ceux d'une analyse chimique qui exigerait plusieurs jours de travail.

Mais notre méthode est susceptible de plusieurs autres applications.

1° La composition minéralogique pondérale des fractions successives de tamisage permet d'étudier les conditions de triage de chaque minéral par les courants marins.

Les courbes cumulatives sont construites suivant la méthode de Munier et Rivière ([2]).

([2]) *Pub. de l'Institut Céram. Franc.*, n° 17, Fasc., 2, 1948.

Elles montrent d'importantes différences de triage des minéraux, en particulier des micas en lamelles minces.

Ce procédé d'étude nous paraît être d'une sensibilité suffisante pour mettre en évidence l'action des courants sur les fonds marins.

2° La combinaison du comptage et des pesées permet d'évaluer le poids d'un nombre déterminé de grains de chaque minéral (100 grains par exemple) dont les diamètres sont compris entre les dimensions des mailles de deux tamis consécutifs.

L'étude d'environ 12 000 grains nous a montré :

Qu'entre $2^{mm},062$ et $0^{mm},091$, les poids de 100 grains de quartz ou de feldspath de chaque fraction du tamisage, décroissent très approximativement comme les cubes des diamètres. Le mica en lamelles épaisses s'écarte assez peu de cette loi, mais en lamelles minces, les écarts sont considérables.

On peut en déduire que dans l'intervalle granulométrique considéré, les grains de quartz et de feldspath des sables de plage ne sont pas aplatis et que leurs volumes décroissent comme les cubes des diamètres.

En résumé, la méthode employée permet de déterminer, avec une bonne approximation, la composition minéralogique pondérale d'un sable et peut souvent suppléer à une analyse chimique.

Elle permet d'étudier en détail, l'influence des courants marins dans la sédimentation.

BOTANIQUE. — *Fécondation chez* Mnium undulatum.

Note de M. **Claude Hamant**, présentée par M. Raoul Combes.

Le spermatozoïde hélicoïdal devient vermiforme dans le cytoplasme de l'oosphère qu'il traverse, puis il pénètre dans le noyau femelle où il différencie 1-3 nucléoles et un réseau chromatique discoïde qui s'intègre au réseau femelle. Les nucléoles mâles se dispersent dans la caryolymphe et disparaissent. La monospermie est la règle.

Les observations actuelles concernant la fécondation chez les Bryophytes sont uniquement relatives aux Hépatiques. Elles sont dues principalement à Rickett (*Sphærocarpus Donnellii*, 1923) et à Showalter (*Riccardia pinguis*, *Fossombronia angulosa*, *Pellia Fabbroniana*, 1926-1927). Chez les Mousses, nous avons choisi diverses espèces dioïques du genre *Mnium* (particulièrement *M. undulatum*, *M. punctatum*, *M. hornum*); il est aisé, en effet, de séparer précocement les gamétophytes ♂ et ♀ et de les cultiver isolément en chambre humide, jusqu'à maturité complète des anthéridies et des archégones. Il est possible aussi, dans ces conditions, de compenser la protogynie, plus ou moins accentuée suivant les années, que marquent certaines espèces (*M. undulatum*) en modifiant la température de culture des divers lots, afin d'obtenir, en même temps, une proportion satisfaisante d'archégones et d'anthéridies mûrs. La libération des spermatozoïdes est provoquée en déposant sur les bourgeons

mâles une gouttelette d'eau de pluie qui ne tarde pas à se remplir de la décharge laiteuse des anthéridies et qu'il suffit alors de transporter à l'aide d'une micropipette en verre effilé, à la surface des archégones. La fécondation artificielle, ainsi pratiquée, permet de chiffrer approximativement le temps nécessaire à la fécondation, mais, quoi qu'en ait écrit Showalter, elle n'autorise pas à fournir des chiffres rigoureux, car la maturation et la déhiscence des archégones sont échelonnées et rien ne prouve, *a priori*, qu'un archégone était réceptif au moment précis de l'insémination. Les fixations ont été échelonnées de douze heures en douze heures durant 5 jours, les phénomènes les plus intéressants se plaçant dans les quarante-huit heures qui suivent l'insémination.

Lorsque l'archégone est mûr, l'oosphère mesure environ 20^{μ} et son noyau, 10^{μ}. Celui-ci renferme un nucléole volumineux (3^{μ}), unique dans la majorité des cas, mais pourvu d'un micronucléole auquel il est uni par un fin tractus. La chromatine, très diffuse, forme un réseau indistinct. L'oosphère ne remplit pas entièrement la cavité ventrale de l'archégone (30-35^{μ} de diamètre) et baigne dans une gelée pectique, très fortement colorée par le rouge de ruthénium et par la safranine; elle est limitée par une mince et déformable pellicule ectoplasmique. C'est dans ces conditions qu'elle est abordée par le spermatozoïde, organisme hélicoïdal formé par un tour d'hélice et demi, propulsé à l'arrière par ses deux cils et pénétrant dans la gelée qui emplit le col archégonial par un mouvement de vrille qui se continue jusqu'à l'oosphère, à la limite de laquelle un temps d'arrêt est marqué. L'oosphère peut être pénétrée en un point quelconque, généralement par un seul spermatozoïde, très exceptionnellement par deux. Les modalités de traversée du cytoplasme diffèrent légèrement suivant les espèces : chez *M. hornum*, le spermatozoïde conserve sa forme d'hélice et il arrive ainsi au contact du noyau qu'il enserre étroitement durant quelque temps avant d'en perforer la membrane. Chez *M. undulatum*, le spermatozoïde perd sa forme hélicoïdale en entrant dans le cytoplasme qu'il traverse par des mouvements de reptation; il marque également un temps d'arrêt au contact du noyau, contre lequel il s'applique, avant d'y pénétrer en perforant la membrane nucléaire. Puis il se raccourcit en s'épaississant dans la caryolymphe et prend la forme d'un têtard, avec une extrémité arrondie qui correspond à la réapparition d'un nucléole. La masse spermatique tend ensuite à s'étaler en une mince lentille de 4^{μ} de diamètre en s'alvéolisant; un fin réseau chromatique s'individualise, accompagné de 1-3 petits nucléoles qui se dispersent, rapidement ou non, dans le suc nucléaire.

Les figures correspondant à la pénétration du spermatozoïde dans le cytoplasme et au début de sa transformation dans le noyau sont visibles durant les 24 heures qui suivent l'insémination; l'aspect lenticulaire de la chromatine mâle persiste 60 heures encore, à la suite de quoi elle devient lentement indistincte. Il est exceptionnel de rencontrer deux spermatozoïdes dans le même noyau femelle : nous l'avons observé une fois, mais dans ce cas

les deux noyaux mâles semblent persister longtemps sous leur aspect lenticulaire et granuleux. Une phase de repos et de maturation survient ensuite, au cours de laquelle le zygote perd progressivement sa forme sphérique pour acquérir celle d'une toupie dont le bout aminci, formé de cytoplasme dense, est dirigé vers la base de l'archégone; le gros bout, arrondi, largement vacuolisé, est tourné vers le col archégonial. Le noyau se localise à peu près au niveau du rétrécissement du zygote; ses dimensions varient peu, mais son réseau chromatique s'accuse et il ne contient plus qu'un nucléole unique, dans la majorité des cas.

En résumé, chez *M. undulatum*, les spermatozoïdes arrivent au contact de l'oosphère par un mouvement de nage hélicoïdal; un spermatozoïde pénètre en rampant dans le cytoplasme, puis dans le noyau femelle, à l'intérieur duquel il subit un processus d'alvéolisation et de nucléolisation qui reforme un petit noyau réticulé. La fusion des chromatines se réalise à l'état quiescent, avant tout préliminaire de division du zygote, comme chez *Fossombronia angulosa*.

GÉNÉTIQUE. — *Observations sur le comportement caryologique de quelques hybrides de* Nicotiana. Note de MM. **Henri Hitier** et **Camille Izard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Tous les hybrides étudiés se caractérisent par une stérilisation totale qui peut s'expliquer par leur comportement méiotique. Tous peuvent être considérés comme asyndétiques. Les appariements de chromosomes en M. I. sont, en effet, toujours peu nombreux et les cellules sexuelles formées ne sont généralement pas viables.

L'hybride *N. rustica* × *N. Tabacum* a déjà été signalé à l'étranger par plusieurs auteurs. Le croisement se fait plus facilement lorsqu'on prend *N. rustica* comme parent femelle. D'autre part, les espèces croisées sont très polymorphes et la réussite dépend des types choisis comme parents. Nous avons, en effet, obtenu l'hybride *N. rustica* var. *Texana* × *N. Tabacum* var. *chinensis*, après de nombreux essais infructueux avec d'autres variétés. Cet hybride est vigoureux. Morphologiquement il est un peu plus voisin de *N. Tabacum* que de *N. rustica*. Il fleurit abondamment, mais sa stérilité est totale et ses fleurs tombent prématurément sans former de capsules.

Du point de vue caryologique, il réunit dans ses cellules somatiques 48 chromosomes, soit 24 de chaque parent. Lors de la méiose, on n'observe pas de plaque équatoriale en M. I, mais presque uniquement des monovalents dispersés. Il se forme cependant quelques appariements entre chromosomes de *N. rustica* et de *N. Tabacum*, et le nombre de bivalents peut varier de 1 à 6 suivant les cellules (le plus souvent 2, 3 ou 4). A la première anaphase, on note des ponts chromosomiques et des divisions de monovalents. En M. II, les répartitions sont très variables et les extrusions cytoplasmiques fréquentes.

22 + 22 + 4, 35 + 13, 41 + 7, ... Il se forme également quelques noyaux de restitution. Les tétrades possèdent parfois des microcytes et le pollen ne comporte que 4 % de grains apparemment viables.

A notre connaissance l'hybride *N. paniculata* × *N. longiflora* n'a jamais été signalé. Il est totalement stérile et, au point de vue morphologique, il est intermédiaire entre les parents. Cependant, ses fleurs restent ouvertes le jour, comme celles de *N. paniculata*. Nous avons obtenu la forme amphidiploïde, par traitement à la colchicine. Elle a sensiblement les mêmes caractères avec des fleurs plus grosses et un système aérien moins ramifié. D'autre part, elle est fertile et produit de nombreuses capsules déhiscentes à maturité. L'hybride amphihaploïde possède 22 chromosomes, 12 de *N. paniculata* et 10 de *N. longiflora* Cav. En M.I, les appariements varient de 0 à 3 (souvent 1). On note également des associations en chaîne (caténation). En M.II les plaques peuvent avoir de 2 à 20 chromosomes. Les tétrades montrent fréquemment des microcytes et l'on observe quelques diades. L'hybride forme environ 1 % de bon pollen. L'amphidiploïde qui réunit les stocks chromosomiques diploïdes des deux parents possède 44 chromosomes et sa méiose est presque régulière. En M.I les cellules mères forment généralement 22 bivalents, plus rarement $21_{II} + 2_{I}$ ou $20_{II} + 1_{III} + 1_{I}$. Les autres phases sont presque toujours normales, la plupart des plaques ayant, en M.II, 22 chromosomes, exceptionnellement 21 ou 23. Le pollen est bon dans la proportion de 90 %. Le cas de l'hybride amphidiploïde *N. paniculata* × *N. longiflora* montre que le doublement des chromosomes permet leur accouplement autosyndétique et aboutit à un comportement méiotique relativement régulier et à une fécondité normale.

Les hybrides *N. paniculata* × *N. alata* Link et Otto et *N. paniculata* × *N. glutinosa* sont stériles avec moins de 1 % de bon pollen. Ils sont morphologiquement intermédiaires entre leurs parents respectifs. Du point de vue caryologique, ils présentent très peu d'appariements en M.I : 1 ou 2 en moyenne chez *N. paniculata* × *N. alata*, de 0 à 4 (généralement 2 ou 3) chez *N. paniculata* × *N. glutinosa*. Les plantes que nous avons obtenues étaient de vigueur normale, alors que Kostoff (1941-1943) signale que chez ces hybrides la plupart des plantules meurent dès les premiers stades de la végétation.

Dans le cas de *N. glauca* × *N. Sanderæ*, également stérile, les chromosomes d'origines différentes s'apparient plus facilement. On peut observer en effet, la la formation de 0 à 6_{II} en M.I (en général 3_{II}). En M.II on rencontre fréquemment des noyaux de restitution à 21 chromosomes. Cet hybride forme également une forte proportion de diades (35 %) et 5 % des grains de pollen paraissent normalement constitués.

L'hybride *N. rustica* × *N. suaveolens* Lchm. × *N. Sanderæ* Hort résulte d'un croisement accidentel entre (*N. rustica* var. *Texana* × *N. suaveolens*) amphidiploïde et *N. Sanderæ*. Morphologiquement, c'est une plante de petite taille, ramifiée, avec des feuilles lancéolées et pétiolées. La fleur, intermédiaire,

varie du blanc jaunâtre au pourpre violacé, le parent *N. Sanderæ* n'étant pas pur à ce point de vue. La stérilité est totale. Cet hybride présente la particularité de former des tumeurs à structure anarchique, comparables à celles que l'on observe chez *N. glauca* × *N. Langsdorffii*. Kostoff a d'ailleurs signalé des tumeurs sur *N. rustica* × *N. Sanderæ*, chez qui elles provoquent la mort prématurée. Dans le cas présent elles ne semblent pas diminuer la valeur des sujets.

Du point de vue caryologique, l'hybride réunit les trois génomes des parents, soit 49 chromosomes. La méiose, étudiée chez quatre plantes différentes est toujours du type asyndétique. Nous avons observé cependant de 0 à 4 pseudobivalents, suivant les cellules. A la première anaphase, leur disjonction laisse fréquemment subsister des ponts et des fragments. Les monovalents peuvent également se diviser et, en M.II, les répartitions sont très irrégulières, beaucoup de chromosomes pouvant être exclus des plaques ($27+\times+6$, $29+16+4$, ...). Les tétrades comportent souvent un ou plusieurs mycrocytes et le pollen avorte presque complètement (1 % de bons grains). L'origine des appariements observés chez cet hybride est difficile à préciser. Divers auteurs ont en effet signalé la formation possible de bivalents chez les trois hybrides : *N. rustica* × *N. suaveolens*, *N. suaveolens* × *N. Sanderæ* et *N. rustica* × *N. Sanderæ*.

GÉNÉTIQUE. — *Étude génétique de l'incompatibilité dans* Œnothera Missouriensis *Sims. : premiers résultats*. Note de M. **Robert Linder**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'autostérilité dans *Œnothera Missouriensis* Sims, signalée en 1939 par Gates [1] qui l'a observée sur une plante, a été retrouvée sur une population du Jardin botanique de Strasbourg. La vérification en a été faite expérimentalement et étendue à 273 plantes de diverses origines au moyen de 2500 opérations d'autopollinisation. Certaines jeunes plantes de première année présentent un faible degré d'autofertilité qui disparaît au cours des années suivantes. Certains croisements seulement sont féconds : *il y a autostérilité, interfertilité, mais aussi interstérilité.*

La microsporogénèse est normale : la méiose montre la disjonction de sept bivalents et conduit à des tétrades régulières. Les cultures de pollen sur agar sucré à 10 % permettent un développement normal de tubes polliniques. La valeur des ovules est démontrée par le fait que les capsules développées après fécondation libre présentent des rangées régulières de graines bien développées. L'autostérilité n'est donc pas due à une incapacité fonctionnelle des organes reproducteurs.

Étude des résultats de deux croisements. — Les graines fournies par deux capsules issues de croisements féconds, ont donné :

---

(1) *Self-sterility in Œnothera* (*Nature*, 143, 1939).

1° Un lot de 8 plantes, dont l'autostérilité est vérifiée. Tous les croisements possibles sont effectués à l'intérieur de ce lot. Le résultat, fertilité ou stérilité, permet de constituer deux groupes comprenant respectivement 3 et 5 plantes. Les plantes d'un groupe sont interstériles; la fécondité n'est possible qu'entre les deux groupes.

2° Un lot de 38 plantes, dont l'autostérilité est contrôlée. Les mêmes opérations de croisement que dans le lot précédent conduisent à la mise en évidence de quatre groupes avec 14, 10, 7 et 7 plantes. Ces groupes sont intrastériles et interfertiles. Les croisements de retour avec les parents, effectués pour quelques plantes prises au hasard, ont tous été fertiles.

Ces résultats amènent à considérer le cas d'*Œnothera Missouriensis* comme un cas d'incompatibilité classique, analogue à celui de *Nicotiana* (²) et *Veronica* (³) : le mécanisme de transmission factorielle repose sur le fonctionnement d'une série multiple d'allèles d'opposition, dont on désigne le locus par S. Le premier lot résulterait d'un croisement *demi-compatible* : les deux plantes parentes ayant un allèle en commum, seraient du type $S_1 S_2$ et $S_2 S_3$ respectivement. Seuls les grains de pollen porteurs de S_3 peuvent être fonctionnels sur la plante $S_1 S_2$ et donner deux sortes de descendants : $S_1 S_3$ et $S_2 S_3$.

Le deuxième lot serait issu du croisement de plantes différant par les deux allèles, par exemple $S_1 S_2$ et $S_3 S_4$. Toutes les combinaisons sont possibles et quatre sortes de descendants résultent du croisement : $S_1 S_3$, $S_1 S_4$, $S_2 S_3$, $S_2 S_4$. Les quatre groupes correspondant à ces quatre génotypes sont intercompatibles; de plus ils sont tous demi-compatibles avec les deux parents (⁴).

CYTOCHIMIE. — *Contribution à l'étude cytochimique des Cyanophycées par application des techniques de mise en évidence de l'appareil nucléaire chez les Bactéries*. Note de Mlle **Denise Neugnot**, présentée par M. Roger Heim.

Les observations qui suivent apportent surtout un argument en faveur de l'existence d'un organite nucléaire réel dans les cellules des Cyanophycées. Les corpuscules métachromatiques qu'on y trouve assez fréquemment seraient constitués par des métaphosphates en liaison protéique. Les grains de cyanophycine seraient de nature lipidique.

La question de l'existence du noyau dans les cellules des Cyanophycées fait encore l'objet de controverses : pour certains auteurs, ces cellules ne contien-

---

(²) E.-M. East et A.-J. Mangelsdorf, *Proc. Nat. A. Sc.*, U. S. A., 11, 1925.

(³) P. Filzer, *Z. I. A. V.*, 41, 1926.

(⁴) La bibliographie complète se trouve dans une mise au point du problème de l'incompatibilité dans l'*Année biologique* par A. Gagnieu (sous presse).

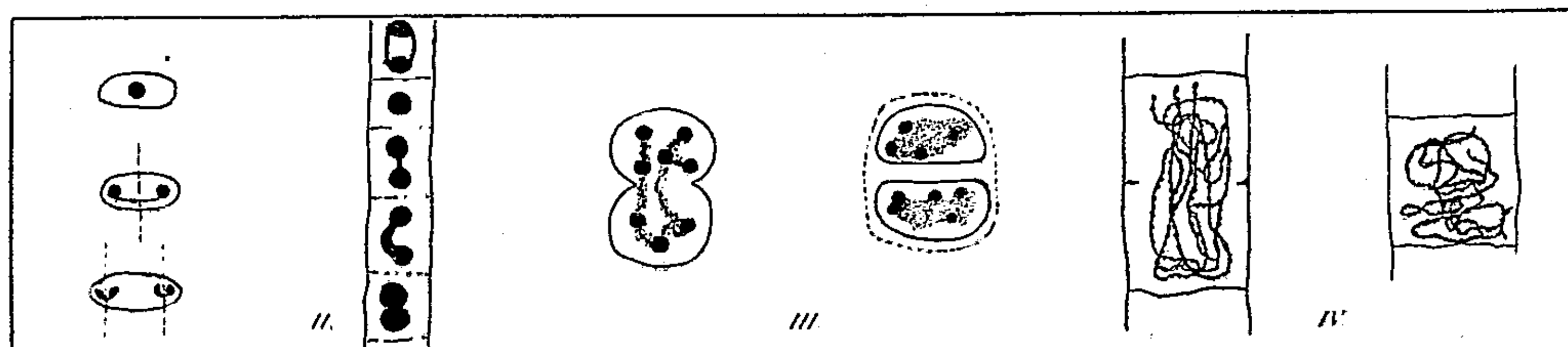
draient que les éléments d'un important vacuome; cependant, par l'application des méthodes cytologiques classiques (coloration à l'hématoxyline, au Feulgen, etc.), des organites s'y colorent comme les constituants des noyaux typiques; malgré cela, la plupart des auteurs se refusent à les considérer comme des éléments nucléaires.

Un problème analogue se posait pour les Bactéries. Il semble avoir été résolu : en appliquant la technique de Robinow (¹), dont le mécanisme recevait une explication (²) et en utilisant une méthode aux enzymes (³), Boivin et ses collaborateurs ont pu séparer et caractériser, dans la cellule bactérienne, les acides ribonucléique et désoxyribonucléique, ce dernier étant localisé dans la chromatine de l'appareil nucléaire, l'autre étant presque totalement contenu dans le cytoplasme.

J'ai fait l'application de ces techniques aux Cyanophycées, dont les analogies avec les Bactéries sont bien connues.

1. *Technique de Robinow.* — Elle met en évidence, dans les cellules de toutes les espèces étudiées, une substance basophile, résistant à l'hydrolyse chlorhydrique, localisée dans la région centrale et présentant, au cours de l'évolution cellulaire, des variations de forme (en haltère, en V) qui évoquent invinciblement des aspects de division.

Dans certaines espèces [*Glœothece confluens* Näg. (*fig.* I) (⁴), *Oscillatoria terebriformis* (Ag.) Gomont (*fig.* II), etc.], cette substance se présente en une masse homogène et très chromophile. Dans d'autres [*Chroococcus helveticus* Näg. (*fig.* III), *Phormidium*



autumnale (Ag.) Gomont, etc.], elle affecte la forme de granules très chromophiles, rassemblés dans une substance fondamentale moins chromophile, qui peut prendre un aspect vacuolaire et même disparaître provisoirement au cours de l'évolution cellulaire. Parfois, enfin [*Phormidium Retzii* (Ag.) Gomont (*fig.* IV), etc.], des granules très chromophiles sont disposés en filaments moniliformes; ceux-ci sont allongés et parallèles

(¹) Addendum à l'Ouvrage de Dubos, *The bacterial cell*, 1946; Tulasne, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 411.

(²) Vendrely et Lipardy, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 342.

(³) Boivin, Tulasne, Vendrely et Minck, *Arch. Sc. Physiol.*, 1, 1947, p. 307.

(⁴) Les déterminations d'espèces ont été, pour la plupart, faites ou confirmées par M. P. Bourrelly. Toutes les figures correspondent à des préparations obtenues en appliquant la technique de Robinow et sont à un grossissement uniforme de 1500.

dans les cellules en division et orientés perpendiculairement à la nouvelle membrane, ou bien, dans les cellules au repos, resserrés en peloton dense.

Dans le premier cas, la masse centrale, comparable au noyau bactérien, peut être considérée comme essentiellement formée de chromatine : elle serait l'homologue d'un chromosome. Dans le deuxième cas, la substance fondamentale peu chromophile correspondrait au nucléoplasme des noyaux ordinaires et, comme lui, deviendrait invisible lors des cinèses; les granules chromophiles représenteraient la chromatine; les variations morphologiques de cet organite central, au cours de l'évolution cellulaire, viennent à l'appui de cette interprétation : les granules de chromatine sont disséminés dans le nucléoplasme du noyau au repos, tandis qu'ils s'associent en filaments ayant l'allure de chromosomes lors des divisions cellulaires; le fréquent état de division des cellules des Cyanophycées permet d'observer de nombreux termes de passage entre les stades à chromatine dispersée et les stades filamenteux. Dans le dernier cas, les filaments moniliformes persistants seraient l'exact équivalent de chromosomes typiques.

2. *Technique à la ribonucléase.* — Les résultats obtenus sont, dans certains cas (*Glœothece confluens*, *Nostoc commune* Vaucher), tout à fait identiques à ceux qu'on obtient par la méthode précédente. Dans les autres cas, les différences qui apparaissent sont dues à la présence de corpuscules métachromatiques.

Ceux-ci, en effet, s'ils disparaissent après l'hydrolyse chlorhydrique, résistent au contraire à l'action de la ribonucléase; ils restent alors colorables métachromatiquement par les bleus de méthylène et de toluidine : ces corpuscules ne seraient donc pas constitués par de l'acide ribonucléique; des essais, qu'a faits M. Ebel suivant la technique de Wiame ([5]) sur du matériel que je lui ai fourni (*Phormidium ambiguum* Gomont), ont permis de constater qu'ils disparaissent après action de l'acide trichloracétique froid et qu'une certaine quantité du liquide d'extraction est hydrolysable à pH 4,5 : ce qui tendrait à prouver que les corpuscules métachromatiques sont ici constitués, comme ceux des Levures, d'acide métaphosphorique en liaison protéique. Ces éléments ne sont d'ailleurs pas présents chez toutes les Cyanophycées : nous n'avons pu en mettre en évidence chez les Chroococcales étudiées, non plus que chez certaines Oscillaires; quand ils existent, ils ne sont pas constants au cours du développement de l'espèce : ils sont abondants dans l'Algue jeune, mais ils peuvent disparaître totalement au cours de la sénescence. Dans les cellules qui en possèdent, ils sont contigus au corps qui est ici considéré comme le noyau.

L'imprégnation osmique met en évidence des granulations osméophiles, contenant donc sans doute des lipides, et qui correspondent pour la plupart aux grains de cyanophycine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le glucose de la Synanthrine.* Note de M. **Henri Belval** † et Mme **Andrée de Grandchamp-Chaudun**, présentée par M. Maurice Javillier.

La Synanthrine renferme du glucose α.

La présence du glucose dans la molécule de la synanthrine, glucofructosane se formant aux dépens de l'inuline dans les tubercules de Topinambour pendant

([5]) *Journ. Biol. Chem.*, 178, n° 2, 1949.

les mois d'automne et d'hiver, n'est pas admise sans discussion. Si personne ne met en doute que les produits d'hydrolyse de la synanthrine renferment un sucre aldéhydique caractérisé par l'action du brome et de l'iode et mieux encore par la formation de méthylglucoside sous l'action de l'émulsine en présence d'alcool méthylique, certains auteurs (1) affirment que ce glucose prend naissance au cours de l'hydrolyse sous l'action combinée de la chaleur et des acides.

Il faut donc, pour se mettre à l'abri d'une telle objection, opérer l'hydrolyse à froid, par voie diastasique; et, si la liqueur fermentaire est suffisamment active pour que la vitesse d'hydrolyse soit supérieure à la vitesse de mutarotation, il sera possible de dire sous quelle forme (α ou β) les hexoses sont libérés.

Nous avons utilisé à cet effet l'*Invertase concentrate* dont la mise en œuvre nous avait permis précédemment de montrer que la molécule des glucofructosanes d'Asphodèle, de Narcisse, de Lycoris B, entre autres, renferme du glucose α à fort pouvoir rotatoire $+110^\circ$ (2).

Après avoir vérifié, en combinant les dosages du réducteur total par la méthode de Bertrand et le dosage électif du fructose par la méthode d'Ost, que, pour la synanthrine, comme pour les glucofructosanes précitées, le glucose se détache en masse au début de la réaction, nous avons suivi la méthode déjà décrite (3) et que nous rappelons brièvement.

De la liqueur soumise à l'hydrolyse on a fait deux parts : l'une (A) demeurait dans le tube polarimétrique durant toute l'expérience; l'autre (B) était distribuée en flacons par fractions de 20^{cm^3}, le tout maintenu à une température constante; toutes les heures, on introduisait dans l'un des flacons une trace de soude pour achever instantanément la mutarotation des hexoses libérés et en même temps arrêter l'hydrolyse; puis on procédait à l'examen optique. On avait donc, à chaque unité de temps, deux lectures : l'une α_1 relative à la fraction A où la mutarotation poursuivait son cours normal, l'autre α_2 relative à la fraction B où les hexoses avaient atteint leur pouvoir rotatoire limite. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après.

Nous arrivons aux mêmes conclusions que dans l'étude des glucofructosanes de Narcisse, d'Asphodèle, de Lycoris. Durant les premières heures de la réaction, l'addition d'alcali déplace vers la gauche le plan de polarisation de la lumière; le glucose libéré est donc le glucose α à pouvoir rotatoire élevé; puis le phénomène change de sens et le déplacement des rotations se fait vers la droite. Sans doute est-il imputable à une transformation isomérique du fruc-

---

(1) H. SCHLUBACH et H. KNOOP, *Liebig's Ann.*, 497, 1932, p. 208; 504, 1933, p. 19.

(2) *Bull. Soc. Ch. Biol.*, 31, 1949, p. 30-36.

(3) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2017.

tose; c'est en effet par un déplacement dans le sens des arcs croissants que se traduit *toujours* l'addition de soude à une solution de phléine en voie d'hydrolyse, celle-ci livrant à l'hydrolyse du fructose exclusivement.

Synanthrine : 2 %, Invertase : 2 %, $l = 2^{dm}$, $\lambda = 5890$, $\theta = 12°$.

Temps (h).	α_1 (°).	α_2 (°).	$\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ (°).
0	−0,68	–	–
1	−1,30	−1,46	−0,16
2	−1,76	−1,96	−0,20
3	−2,10	−2,24	−0,14
4	−2,38	−2,48	−0,10
5	−2,56	−2,60	−0,04
7	−2,72	−2,68	+0,04
10	−2,84	−2,74	+0,10
26	−2,92	−2,92	0,00

PHYSIOLOGIE. — *Étude de quelques propriétés du facteur antianémique (cobamine), communément désigné sous le nom de vitamine* B_{12}. Note de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Robert Courrier.

L'action qu'exerce sur la croissance du *Lactobacillus lactis* Dorner et sur les hémopathies mégaloblastiques le facteur antianémique connu sous le nom de vitamine B_{12} ne suffit ni à le définir de façon satisfaisante, ni à justifier son entrée dans le cadre des vitamines. Il ne saurait appartenir en effet au complexe vitaminique B, qui dans son sens strict n'est composé, ainsi que nous l'avons prouvé, que de cinq éléments [1]. Et par ailleurs le régime de carence alimentaire qu'il doit spécifiquement compenser pour avoir droit au titre de vitamine reste jusqu'ici assez mal défini.

Lecoq ayant déjà préconisé pour le Rat un régime générateur d'anémie pernicieuse expérimentale (qu'il appelle régime d'avitaminose L), nous avons pensé que ce régime pourrait être utilisé avec avantage pour cette étude [2]. Sa formule comporte 1 % de monochlorhydrate d'histidine et 1 % de sulfaguanidine; ses effets hématologiques et nerveux, qui vont de pair, se trouvent neutralisés par une addition opportune et suffisante d'acide folique. Il semblait intéressant de rechercher si le nouveau facteur isolé révélerait une activité du même ordre.

Pour y parvenir, nous avons soumis des rats préadultes à ce régime (donné à titre exclusif) jusqu'à faire apparaître les troubles neuromusculaires précédemment mis en évidence et caractérisés par une diminution des chronaxies

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 28, 1946, p. 305.

(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1460.

nerveuses avec égalisation à niveau bas et par une augmentation des chronaxies musculaires. Ces perturbations, que nous voyons céder en 24 à 48 heures à l'adjonction quotidienne de 200^{γ} d'acide folique, disparaissent aussi rapidement par l'absorption d'une dose de 1^{γ} chaque jour du nouveau facteur. La spécificité d'action vis-à-vis du régime préalablement défini est égale pour les deux éléments, mais l'un se montre considérablement plus actif.

Ces résultats sont assez comparables à ceux que donnent la biotine et l'acide paraaminobenzoïque quand on les ajoute en complément d'un régime riche en ovalbumine et producteur d'avitaminose H, la biotine se montrant considérablement plus active que l'acide paraaminobenzoïque ([3]). De même que nous avons proposé la désignation de H_1 et H_2 pour les deux substances précédentes, nous pensons que le facteur B_{12} et l'acide folique pourraient être respectivement dénommés vitamines L_1 et L_2. Pour plus de commodité et pour répondre à la demande formulée récemment ([4]) par la Commission de Nomenclature de Chimie biologique (Amsterdam, 1949), nous suggérons, tenant compte de son incontestable caractère vitaminique et de sa richesse en cobalt, d'appeler le nouveau facteur antianémique *cobamine*, deux mots *cobalt* et *vitamine*.

Voyons maintenant l'action de cette substance sur l'animal normal : l'injection sous-cutanée de 4^{γ} de cobamine entraîne sur les chronaxies nerveuses du Rat une diminution rapide (en quelques minutes) suivie d'une augmentation passant par une acmé avec retour à la normale, 45 à 50 minutes après l'injection. Cette action diphasique comporte au départ une excitation, puis une dépression nerveuse proprement encéphalique, que nous pouvons rapprocher de l'action diphasique de la thiamine (injectée en dose suffisante) et de l'acide folique.

Nous avons, d'autre part, cherché à définir le rôle que peut jouer la cobamine dans l'équilibre acido-basique général. Introduit chez le Lapin adulte de 2 à 3^{kg} par voie intraveineuse, l'acide folique se montre acidosique; mais cette action reste proprement sanguine et se montre liée à la fraction acide paraaminobenzoïque. Dans les mêmes conditions, la xanthoptérine est sans effet. L'injection intraveineuse de 15^{γ} de cobamine entraîne des réactions contradictoires (la réserve alcaline se trouvant modifiée tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre), réactions qui s'annulent quand on en fait la moyenne.

Il nous a été possible de serrer de plus près le problème par des voies différentes, sur le Rat. Une injection sous-cutanée préalable des cinq vitamines du complexe B, suivie par une injection de cobamine (alors que les effets initiaux ont disparu) renforce les réactions neuromusculaires de la cobamine; inversement, une injection préalable d'acide ascorbique les inhibe. Il semble donc que la cobamine agisse dans le même sens que le complexe B (qui est alcalosique)

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 140, 1946, p. 439.

([4]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 31, 1949, p. 1388.

et dans le sens opposé de la vitamine C (qui est acidosique). Précisément, une injection préalable de chlorure d'ammonium minimise les effets de la cobamine, alors qu'une injection préalable de bicarbonate de sodium les augmente.

On peut toutefois se demander si les propriétés rapportées plus haut sont réellement attribuables au complexe organique que nous désignons sous le nom de cobamine (habituellement appelée vitamine B_{12}) ou si, au contraire, elles doivent être rapportées à la forte proportion de cobalt que ce corps renferme. Mais l'expérience prouve que le cobalt sous forme d'azotate de cobalt ou sous forme de chlorure de cobalti-carbonato-tétramine est, à l'inverse de la cobamine (dite B_{12}), totalement inactif.

Conclusions. — La *cobamine* (plus connue sous le nom de vitamine B_{12}) est bien à proprement parler une vitamine; mais elle ne rentre pas dans le groupe très strict des vitamines B.

L'action spécifique qu'elle exerce sur les troubles neuromusculaires du Rat, soumis à un régime producteur d'anémie mégaloblastique et donné à titre exclusif, la rapproche de l'acide folique; mais elle apparaît active à des doses très inférieures.

Les injections intraveineuses de cobamine n'entraînent pas de perturbations régulières et caractéristiques de la réserve alcaline du Lapin. Par contre les injections sous-cutanées pratiquées chez le Rat, après injections préalables des vitamines du complexe B, de l'acide ascorbique, du chlorure d'ammonium et du bicarbonate de sodium, sont en faveur d'une activité de type alcalosique.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Action de la thyroxine sur la glande sous-maxillaire du Rat hypophysectomisé.* Note de M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Robert Courrier.

L'administration de thyroxine à des rats mâles hypophysectomisés fait disparaître l'atrophie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire, qui se produit à la suite de l'hypophysectomie. Ce fait constitue un nouvel argument en faveur du déterminisme thyroïdien de la morphologie de la glande sous-maxillaire chez cette espèce.

Découverte par Leblond et Grad [1], l'intervention de la sécrétion thyroïdienne dans le déterminisme de la morphologie des glandes sous-maxillaires chez le Rat albinos permet d'expliquer les modifications histologiques constatées dans cette espèce après administration d'antithyroïdiens de synthèse [2], après administration de catéchine [3] et au cours de rachitisme expérimental [4].

---

(1) *Anat. Rec.*, 100, 1948, p. 750.
(2) L. Arvy, Ch. Debray et M. Gabe, *C. R. Soc. Biol.* (séance du 28 janvier 1950).
(3) M. Gabe, *C. R. Soc. Biol.* (séance du 28 janvier 1950).
(4) L. Arvy et M. Gabe, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 576.

Une nouvelle preuve en faveur de ce déterminisme thyroïdien est fournie par l'examen histologique de la glande sous-maxillaire chez des rats hypophysectomisés et injectés de thyroxine, étude que nous avons eu l'occasion de faire au cours de recherches sur les rapports entre l'hypophyse et l'hématopoièse, poursuivies en collaboration avec L. Arvy et F. Stutinsky (5).

L'hypophysectomie détermine, chez le Rat albinos, une atrophie très marquée de la glande sous-maxillaire. La diminution du poids de l'organe est déjà sensible une semaine après l'intervention et atteint couramment 50 % chez les animaux opérés depuis un mois. Cette diminution de poids va de pair avec des modifications considérables des cellules du segment tubuleux, en particulier avec une diminution de hauteur de la cellule et avec la disparition de la plupart des grains de sécrétion fuchsinophiles et sidérophiles du pôle apical. L'action de l'hypophysectomie sur la glande sous-maxillaire du Rat est donc de même type que celle qui a été signalée par Lacassagne et Chamorro (6) chez la Souris.

Chez des rats hypophysectomisés depuis un mois et ayant reçu pendant 5 jours une injection de $0^{mg},5$ de thyroxine par jour, l'aspect de la sous-maxillaire diffère assez notablement de celui qu'on constate chez les animaux hypophysectomisés du même lot. L'organe est plus volumineux, le rapport *tubuli/acini*, qui, chez les animaux hypophysectomisés, oscille autour de 0,15, passe 0,30 environ; le diamètre moyen des tubuli est de 40^{μ} environ, au lieu de 18 à 25 μ chez les rats hypophysectomisés; les techniques mitochondriales enfin montrent la réapparition des granulations fuchsinophiles au pôle apical d'un grand nombre de cellules du segment tubuleux.

Lorsque les injections de thyroxine sont poursuivies pendant 10 jours, l'aspect de la glande sous-maxillaire devient très voisin de celui que l'on constate chez des animaux non opérés du même âge. Le poids total de l'organe est du même ordre que chez les témoins, le rapport *tubuli/acini* atteint 0,60, celui des témoins étant d'environ 0,65, le diamètre moyen des tubuli est de 46^{μ}, contre 50 chez l'animal normal. La plupart des cellules du segment tubuleux contiennent des granulations fuchsinophiles, dont l'abondance est normale, mais dont la taille reste inférieure à celle des granulations présentes dans le segment tubuleux de la glande sous-maxillaire chez des rats normaux.

Ce retour à la normale du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire ne s'accompagne d'aucune modification de structure notable au niveau de la glande surrénale; la morphologie du testicule et des glandes annexes de l'appareil génital mâle ne présente aucun changement significatif. Il paraît donc légitime d'attribuer à l'apport exogène de thyroxine les modifications morphologiques de la glande sous-maxillaire décrites ci-dessus.

---

(5) *Rev. d'Hématologie*, 3, 1948, p. 154.
(6) *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 223.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Activité antixérophtalmique du pigment caroténoïde d'*Aristeomorpha foliacea (Penæidæ). Note de M. **René Grangaud** et Mlle **Renée Massonet**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'astaxanthine, présente dans l'huile d'*Aristeomorpha foliacea*, se comporte comme une vitamine A dont l'activité antixérophtalmique est beaucoup plus marquée que l'action vis-à-vis de la croissance.

Nous avons montré (1) que l'activité antixérophtalmique de l'huile de Crevette, *Aristeomorpha foliacea* (2), est beaucoup plus accusée que l'action sur la croissance du Rat blanc carencé ne permettait de le prévoir. Cette dissociation des deux caractères dont la coexistence est considérée comme spécifique de l'activité vitaminique A, nous a conduits à admettre comme vraisemblable l'existence dans l'huile d'*Aristeomorpha* d'un *constituant, autre que les carotènes et la vitamine* A, *jouant un rôle dans l'activité antixérophtalmique* (2). L'étude des huiles d'été et d'hiver montre en outre que les premières, fortement colorées en rouge, sont actives, les secondes moins foncées et plus jaunes, étant pratiquement dépourvues d'activité (3). Ces résultats suggèrent que le principe antixérophtalmique pourrait s'identifier au pigment caroténoïde rouge des huiles d'été. Nous avons isolé ce pigment à l'état d'astacine (3.4.3'.4'-tétracéto-β-carotène) (4). Cependant les différences entre les chromatogrammes obtenus avant et après saponification et le fait que l'addition de potasse à la solution d'huile dans l'éthanol provoque l'apparition d'une teinte violette virant à l'orangé montrent que le pigment préexistant ne doit pas être l'astacine, mais son précurseur l'astaxanthine (3.3'-dihydroxy-4.4'-dicéto-β-carotène) (5) qui existe chez de nombreux Crustacés sous forme d'esters ou lié à une protéine (6).

Dans un premier essai, l'huile a été saponifiée par la potasse alcoolique à 15 % durant quatre heures à 20° C. Par addition d'eau et d'éther de pétrole et séjour à la glacière, la majeure partie du pigment se rassemble à la surface de séparation des deux liquides sous forme de flocons rouges. Après séparation et lavage par l'alcool à 50 %, ceux-ci ont été mélangés à un volume d'huile végétale dévitaminée égal au volume de l'huile saponifiée. La préparation a été administrée à des rats carencés en vitamine A : même à la dose de 90mg par

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 568.

(2) Syn. : *Penæus foliaceus*, Risso.

(3) R. Grangaud, C. Chéchan et Mlle R. Massonet, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 1179.

(4) R. Grangaud, C. Chéchan et Mlle R. Massonet, *C. R. Soc. Biol.* (Alger, séance du 16 mars 1950).

(5) P. Karrer et E. Jucker, *Carotinoïde*, *Verl. Birehauser* (Basel, 1948), p. 244.

(6) G. Wald, *Vitamins and Hormones* (*Academic press*, New-York, 1, 1943 p. 213).

animal et par jour, à l'exception d'une amélioration légère et transitoire de l'atteinte oculaire chez deux sujets, aucune action sensible sur l'évolution des signes de carence n'a été enregistrée. Ce résultat est en accord avec les données classiques : l'astacine ne possède pas d'activité vitaminique A.

Dans l'hypothèse que le caroténoïde naturel se comporterait peut-être différemment, un nouvel essai a été tenté en administrant à l'animal carencé du pigment séparé non plus par saponification de l'huile, mais par chromatographie sur alumine. 2^g d'huile sont dissous dans 200^{cm^3} d'éther de pétrole. La solution est versée lentement et aspirée sur une colonne d'alumine de 20^{cm} de haut et de 2^{cm} de diamètre. Le pigment est retenu à la partie supérieure de la colonne. Après développement par l'éther de pétrole (200^{cm^3}), l'élution est effectuée par agitation de l'alumine colorée avec de l'éther de pétrole additionné de 1 % de méthanol. L'éluat est séparé, on y ajoute 1^{cm^3} d'huile dévitaminée contenant 2^{mg} d'α-tocophérol, puis on chasse le solvant sous pression réduite en atmosphère inerte. L'huile résiduelle (7) est administrée dans les mêmes conditions que dans les expériences antérieures (1) à des rats blancs carencés en vitamine A. A la dose quotidienne de 40^{mg}, une guérison des lésions de xérophtalmie est obtenue en moins de dix jours, l'amélioration étant indiscutable au troisième jour. L'action sur la reprise de poids est, à cette dose, pratiquement nulle et les animaux meurent dans les trois à quatre semaines qui suivent le début du traitement.

Bien que la chromatographie ne permette pas d'obtenir le pigment à l'état pur, il est peu vraisemblable que le facteur antixérophtalmique en soit distinct : en effet, il faudrait alors admettre qu'il s'agit d'une substance *incolore*, présente dans l'huile d'été en même temps que le pigment, absente comme lui de l'huile d'hiver, adsorbée sur alumine au même niveau et éluée par le même solvant. D'autre part, la disparition de l'activité après saponification précise la nature du principe actif en confirmant que dans l'huile d'Aristeomorpha, le pigment est, non l'astacine, mais l'astaxanthine sous forme d'esters (8). Nos résultats sont à rapprocher de ceux de Wald et Zussman (9) qui ont mis en évidence la présence de ce caroténoïde dans la rétine de certains oiseaux, faisant ainsi pressentir son rôle dans les processus visuels (10).

La confrontation de ces données conduit à considérer l'astaxanthine comme

---

(7) La concentration en pigment est sensiblement égale à celle de l'huile initiale.

(8) L'administration à des rats carencés d'œufs d'Aristeomorpha (où l'astaxanthine est liée à une protéine) broyés et mis en suspension dans de l'huile végétale dévitaminée n'a été suivie d'aucune atténuation des lésions de xérophtalmie : la facilité avec laquelle l'astaxanthine non estérifiée s'oxyde en astacine, fournit sans doute l'explication de cet échec.

(9) *J. biol. Chem.*, 122, 1938, p. 449.

(10) R. A. MORTON, *The Application of Absorption Spectra to the Study of Vitamins, Hormones and Coenzymes*, London, 1942.

une nouvelle vitamine du groupe A, se distinguant des autres facteurs de ce groupe par la prédominance de l'action antixérophtalmique sur l'effet de croissance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution du glycérophosphatogène.*

Note de M. **Paul Fleury** et Mme **Léa Le Dizet-Joly**, présentée par M. Maurice Javillier

Les faits observés sont en faveur de la structure polyphosphorique du glycérophosphatogène.

L'un de nous ([1]) a montré précédemment que l'hydrolyse alcaline ménagée, en milieu méthylique, de la lécithine d'œuf permet d'obtenir, après traitement convenable, des préparations solubles dans l'alcool absolu, débarrassées de choline, renfermant la plus grande partie du phosphore initial et capables de se transformer par hydrolyse en glycérophosphate, d'où le nom de *glycérophosphatogène* (G. P. G.) proposé pour désigner commodément ces préparations qui n'ont pu jusqu'ici être complètement purifiées.

A côté de la formule polyphosphorique que nous avons suggérée, on en a proposé une autre qui ferait du G. P. G. un diester phosphorique (*voir* schémas); cet enchaînement, dans ce cas, se ferait forcément au cours de l'hydrolyse alcaline, par suite d'une sorte d'acidolyse au cours de laquelle un OH acide d'une molécule glycérophosphorique (G. P.) viendrait déplacer l'acide gras d'une autre molécule G. P. portant encore une ou deux de ses molécules d'acide gras, cet OH phosphorique s'unissant avec l'OH glycérolique ainsi libéré et créant dans cette molécule une deuxième fonction ester phosphorique.

Nous avons cru intéressant d'étudier nos préparations en vue de nous permettre le choix entre ces deux formules, ce choix devant nous amener, selon le cas, soit à admettre le caractère d'artefact de nos préparations, soit au contraire à les considérer comme capables d'avoir conservé la structure existant primitivement dans la lécithine.

C'est principalement l'étude des groupements α-glycol dans nos préparations et de leur variation au cours de l'hydrolyse qui nous a fourni les résultats les plus caractéristiques.

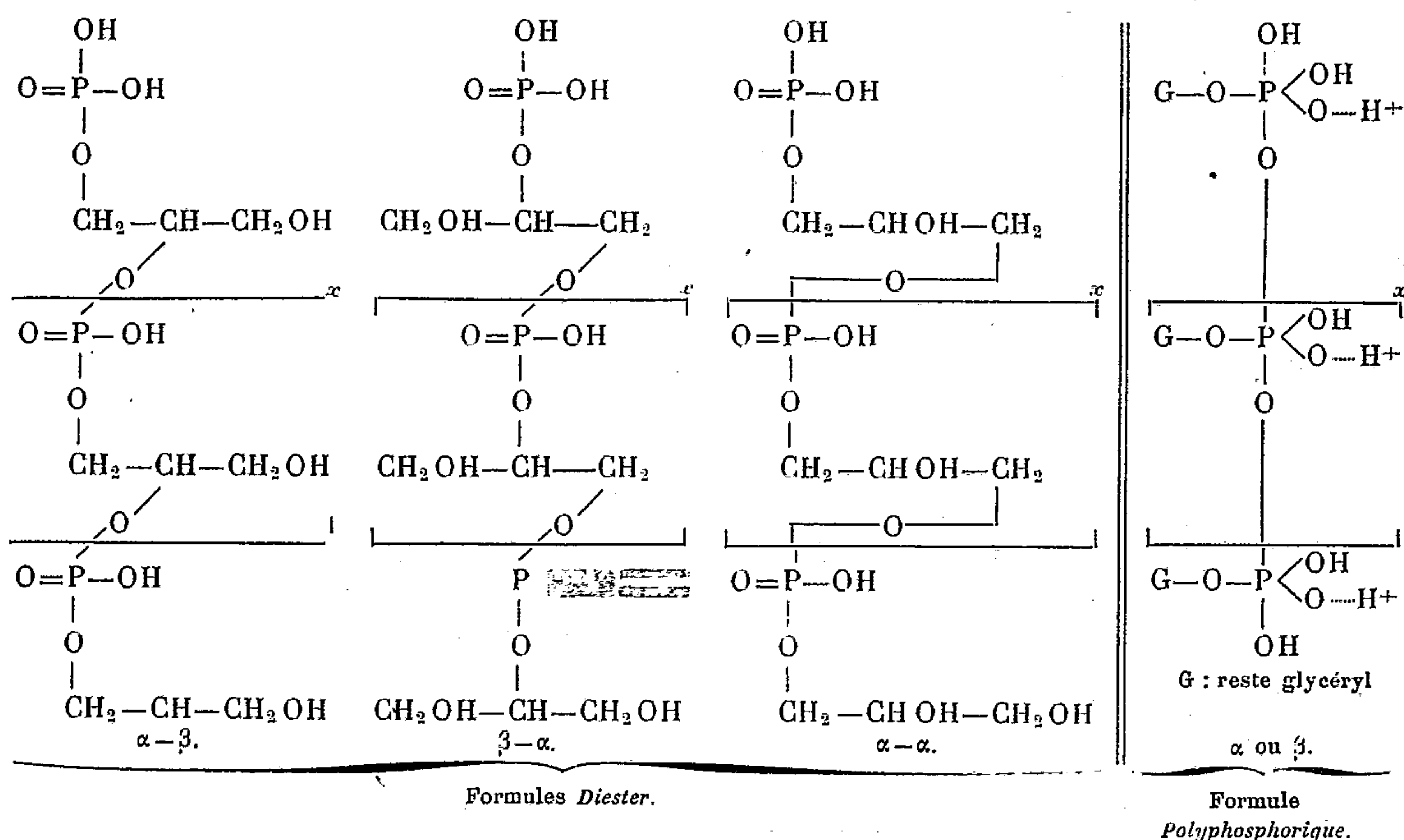
Dans le cas de l'enchaînement des molécules G. P. par formation de diester, on peut concevoir trois modes d'enchaînement $\alpha-\beta$, $\beta-\alpha$ et $\alpha-\alpha$ (*voir* schémas), chaque chaîne, quelle que soit sa longueur, portant à l'une de ses extrémités, une molécule de PO_4H_3 monoestérifié, donc un groupe OH acide faible libre et, à l'autre extrémité, une molécule de glycérol monoestérifié. On

---

([1]) P. Fleury, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 441.

peut déduire de ces formules, en rapportant le nombre de fonctions glycol α au nombre n d'atomes de P que, avant hydrolyse, dans deux (α — α et α — β) des trois cas prévus, ce nombre deviendra égal à n, et dans le troisième cas (β — α) il n'y aura pas de modification par hydrolyse. La présence de fonctions glycol α avant hydrolyse impose donc la nécessité d'une augmentation de ces groupements par hydrolyse.

Avec la formule polyphosphorique, la liaison des molécules d'acide G. P. se fait par des ponts d'oxygène reliant entre eux directement les atomes de P; avant hydrolyse, le nombre des fonctions glycol α peut être absolument quelconque et l'hydrolyse ne peut produire aucune modification.



Formules *Diester*. Formule *Polyphosphorique*.

Après avoir constaté l'insolubilité pratiquement complète des glycérophosphates α et β dans nos préparations, nous avons pensé pouvoir apprécier valablement la longueur de nos chaînes en déterminant, par rapport au nombre d'atomes de P, le nombre d'OH titrables entre le virage de l'héliantine et celui de la phtaléine. Nous avons alors vérifié qu'après hydrolyse totale, ce nombre d'OH à acidité faible devenait pratiquement égal à celui du nombre d'atomes de P, ce qui indiquerait la libération totale du glycérophosphate. Dans ces conditions, la valeur moyenne du nombre de molécules G. P. dans les chaînes oscille, selon les préparations, de 5 à 10 si on les calcule dans l'hypothèse diester et de 10 à 20 pour l'hypothèse polyphosphorique, puisque dans ce deuxième cas, chaque chaîne comporte 2 OH faibles (un à chaque extrémité) au lieu de 1 OH dans le premier cas.

Les groupes glycol-α des esters phosphoriques ont été déterminés selon la

technique Burmaster ([2]). Avant hydrolyse, dans les préparations observées, le nombre des molécules G. P. possédant des fonctions glycol-α libre variait de 24 à 55 % du nombre total et, après hydrolyse, dans aucun cas, nous n'avons pu enregistrer une augmentation de ce nombre.

Les faits observés permettent donc de rejeter l'hypothèse d'une chaîne par liaison diester. Ils sont tous compatibles avec l'hypothèse d'une chaîne polyphosphorique dont, d'autre part, on conçoit difficilement la formation artificielle au cours de l'hydrolyse alcaline.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la structure exacte du dérivé à action antivitaminique* A *obtenu par oxydation de l'axérophtol.* Note de MM. **Paul Meunier, Georges Zwingelstein, Jacques Jouanneteau** et **René Mallein**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le composé se comportant comme antivitamine A obtenu dans l'oxydation de l'axérophtol par V_2O_4 est un hydrate d'aldéhyde dont la formule est donnée dans le texte, en mélange équilibré avec un aldéhyde de même formule brute résultant de la migration de H-OH au sein de la molécule même.

L'étude physique et chimique détaillée du nouveau composé d'oxydation de la vitamine A que nous avons trouvé toxique pour le Rat blanc et appelé corps Z, nous a conduits à abandonner la structure présumée d'époxyde du rétinène sous forme furanoïde, indiquée précédemment ([1]).

Il nous est apparu que ce corps Z était en réalité un mélange de deux composés en équilibre, comme on peut le démontrer aisément en traitant, à l'eau acétique à 1/3 environ, le produit brut d'oxydation de la vitamine A par l'oxyde de vanadium en solution éthéropétrolique. La phase aqueuse acétique entraîne ainsi un corps absorbant dans l'ultraviolet à $340^{m\mu}$ (bande unique avec léger crochet à $276^{m\mu}$) et fournissant une réaction rouge à $545^{m\mu}$, avec le réactif au $SbCl_3$ (corps Z_1). La phase éthéropétrolique retient un corps absorbant à 255 et $290^{m\mu}$ dans un ultraviolet, tandis que sa réaction au $SbCl_3$ est brune (maximum à $485^{m\mu}$) (corps Z_2). Une fois lavée à l'eau acétique, la solution éthéropétrolique laisse réapparaître progressivement le corps à $340^{m\mu}$ témoignant de l'existence d'un équilibre entre les corps Z_1 et Z_2.

On ne peut manquer de faire un rapprochement entre le corps Z_1 et le corps découvert par G. Wald ([2]) dans le produit d'adsorption de la vitamine A par MnO_2. En fait, nous avons bien retrouvé le corps de Wald avec notre composé Z_1, dans l'éther de pétrole surnageant V_2O_4 après quatre jours de contact avec l'axérophtol. Une simple chromatographie sur Al_2O_3 permet alors de séparer les deux corps : le composé Z_1 est retenu à la partie supérieure de la

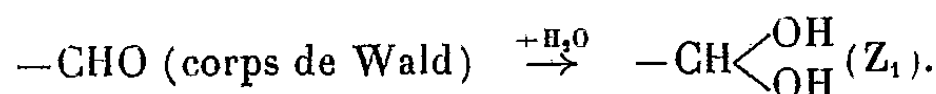
([2]) *J. of Biol. Chem.*, 164, 1946, p. 233.

([1]) P. Meunier, J. Jouanneteau et R. Ferrando, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 140.

([2]) *J. of General Physiol.*, 31, n° 6, 1948, p. 489-504.

colonne, tandis que le corps de Wald se fixe à sa partie inférieure. Notons que notre composé Z_2 est resté fixé sur V_2O_4 dans les conditions indiquées.

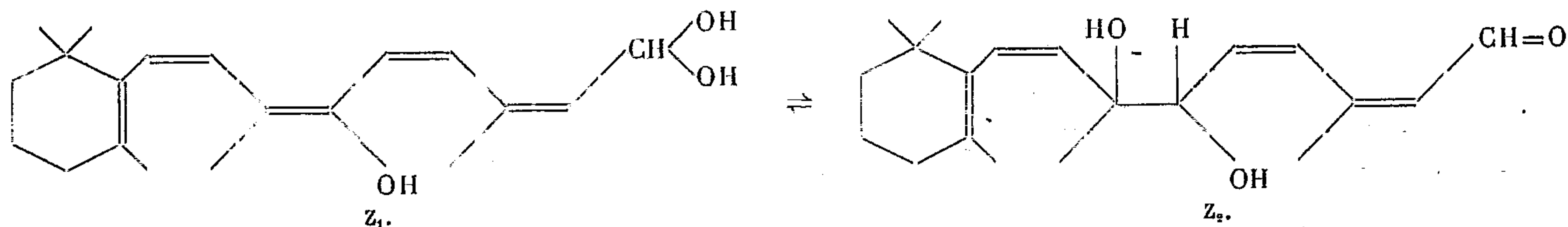
La seule différence entre le corps de Wald et notre composé Z_1 réside dans la position spectrale de l'absorption ultraviolette (maximum à $380^{m\mu}$ dans $CHCl_3$ avec bosse à $290^{m\mu}$ pour le premier, $340^{m\mu}$ pour notre Z_1), tandis que les colorations fournies avec $SbCl_3$ sont identiques (maximum à $545^{m\mu}$). L'écart spectral en ultraviolet pourrait être dû à la disparition de la fonction carbonyle de notre corps Z_1. Cette hypothèse est justifiée par le non-déplace-spectral de la bande d'absorption de Z_1 lorsque l'on change de solvant, contrairement au cas ordinaire des aldéhydes [*cf* ([2])] et par la non-précipitation de Z_1 à la dinitro-2.4-phényl-hydrazine. Nous nous sommes alors demandé si notre corps Z_1 ne serait pas l'hydrate d'aldéhyde correspondant au corps de Wald :



$$-CHO \text{ (corps de Wald) } \xrightarrow{+H_2O} -CH\langle^{OH}_{OH} (Z_1).$$

Une vérification de cette hypothèse est donnée par la transformation relativement aisée du rétinène lui-même, absorbant à $385^{m\mu}$ (dans $CHCl_3$) en son hydrate ou plus précisément en le diacétal diméthylique de ce dernier, absorbant à $335^{m\mu}$ par application de la méthode classique ([3]) : à la solution diluée dans CH_3OH du rétinène, addition d'eau chlorhydrique à 1 %. La réaction au $SbCl_3$ passe alors du vert stable au bleu fugace, c'est-à-dire de $664^{m\mu}$ à $615^{m\mu}$.

Quant au composé Z_2 en équilibre avec Z_1, il présente manifestement un carbonyle; c'est Z_2 qui est responsable de la dinitro-phényl-hydrazone déjà signalée par nous-mêmes ([1]), fondant à 123° et absorbant à $360^{m\mu}$. Cet aldéhyde présente par ailleurs 2H mobiles comme l'indique la méthode de Zéréwétinoff. La position des 2OH responsables de ce fait semble bien être celle de la double liaison *centrale* de la vitamine A comme le prouve l'absorption U. V. du corps obtenu après adsorption oxydante de l'acétate de vitamine A sur V_2O_4. Le produit d'oxydation ainsi obtenu fournit un corps à bande d'absorption unique à $255^{m\mu}$ qui témoigne du partage en son milieu du système conjugué de l'acétate d'axérophtol. Dans ces conditions, nous considérons que les corps Z_1 et Z_2 sont correctement représentables par les formules de structure suivantes, le passage d'un corps à l'autre correspondant à la migration de H—OH au sein de la molécule.



([3]) GRIGNARD, *Traité de Ch. organique*, 1, 1935, p. 740.

Ces formules font apparaître une très grande ressemblance structurale entre le corps Z, toxique, et la vitamine A dont il semble prendre la place dans le foie du Rat, comme nous l'avons déjà indiqué ([1]).

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Histologie des lésions du syndrome hémorragique des Bovidés bretons.* Note (*) de MM. **Jean Guilhon**, **Henri Drieux** et **Louis Julou**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'étude histologique des liaisons du syndrome hémorragique des jeunes Bovidés bretons montre des signes de dégénérescence toxique avec lyse importante des hématies, à l'exclusion de tout signe d'inflammation.

Sous les noms de maladie des *sueurs de sang* et de typhus du Veau on désigne, en Bretagne, une affection hémorragique qui atteint particulièrement les jeunes bovidés, depuis la fin du printemps jusqu'à la fin de l'été. Son étiologie, encore discutée, est restée longtemps obscure. Pour les uns, il s'agit d'une maladie infectieuse dont l'agent causal n'a pu être mis en évidence, malgré de nombreuses tentatives; pour les autres, elle serait due à une intoxication alimentaire par la fougère aigle (*Pteris aquilina*), que les Bovidés consomment assez régulièrement pendant l'hiver, à l'étable, plus spécialement les années pauvres en fourrages. Si la théorie infectieuse semble avoir perdu de nombreux adeptes, elle n'est pas encore abandonnée, malgré la possibilité de reproduction expérimentale de la maladie par la consommation prolongée de la plante incriminée. Faisant suite à un travail de deux d'entre nous, relatif aux modifications profondes de la formule leucocytaire, observées sur cinq jeunes bovidés, atteints de *sueurs de sang*, nous avons entrepris l'étude histologique des principaux organes (foie, poumon, rate, rein, surrénale) dont l'aspect macroscopique est généralement modifié.

Le foie montre un léger œdème qui s'infiltre entre les travées hépatiques et la paroi des sinusoïdes. Les cellules des travées de Rémak accusent de discrets signes de souffrance que traduisent leurs noyaux en hyperchromatose; les cellules de Kupffer sont décollées de la paroi des travées et tuméfiées, mais ne semblent pas orientées vers la mobilisation. Les sinusoïdes et les veines centrolobulaires contiennent de nombreuses hématies lysées, mélangées à de fins débris acidophiles. Il n'existe aucun signe d'inflammation interstitielle, ni d'infiltration par des cellules exogènes. Il s'agit uniquement d'une dégénérescence hépatique, avec œdème.

Le parenchyme pulmonaire comprend des zones de structure histologique normale, non congestionnées, mais avec quelques légères lésions aiguës

(*) Séance du 20 mars 1950.

d'emphysème alvéolaire. Entre celles-ci, on observe des foyers d'infarcissement hémorragique à limite nette, dans lesquels les alvéoles sont le siège d'une véritable inondation sanguine, mais on ne peut déceler aucune figure de pneumonie, ni de bronchite.

La rate, très chargée en hématies, est le siège d'une sidéropexie particulièrement intense; les sinus et les cordons de Billroth sont bourrés d'hématies en état de lyse avancée. Les cellules réticulaires et endothéliales sont toutes transformées en macrophages qui sont chargés de très nombreuses granulations d'hémosidérine. Les corpuscules de Malpighi, normaux, présentent des cellules réticulaires chargées de pigment ferrugineux.

La zone corticale des reins est le siège d'une dégénérescence granuleuse de l'épithélium des tubes contournés, dont la lumière est encombrée de débris finement granuleux; les noyaux sont rétractés, anguleux, hyperchromatiques. La zone médullaire est congestionnée, mais ne présente aucun caractère inflammatoire. L'ensemble de ces lésions évoque un processus toxique, tel qu'on peut l'observer dans les néphrites expérimentales provoquées par le sublimé ou e nitrate d'urane.

Les surrénales présentent, aussi, une légère congestion dans leur zone corticale et leurs sinusoïdes sont dilatées par une accumulation d'hématies lysées *intra vitam*, mélangée à des débris protéiques finement granuleux.

Tous les parenchymes que nous avons examinés présentent une structure histologique plus ou moins profondément altérée, qui caractérise un processus toxique, sans que l'on puisse déceler le moindre signe d'inflammation.

En résumé, cette constatation apporte une nouvelle preuve, importante, en faveur de l'hypothèse qui tend à admettre que le syndrome hémorragique des bovidés bretons est la conséquence, à l'exclusion de tout processus infectieux, d'une intoxication chronique, à caractère hémorragique, provoquée par la consommation prolongée de fougère aigle.

La séance est levée à 16h45m.

L. B.

ADDENDUM.

—

Sur les groupes abéliens primaires sans éléments de hauteur infinie.
Note de M. **Léo Kaloujnine**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Ainsi que je viens de l'apprendre par une lettre de M. A. Kouroch, des résultats analogues à ceux exposés dans ma Note *Sur les groupes abéliens primaires sans éléments de hauteur infinie* (¹) ont été publiés antérieurement par M. L. Koulikov dans le Mémoire *Sur la théorie des groupes abéliens de puissance quelconque* II (*Mat. Sbornik*, 16, 1945, p. 129-162). Le fascicule du *Mat. Sbornik* en question ne se trouvant pas dans les bibliothèques de Paris, le travail de M. L. Koulikov m'était inconnu.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 30 janvier 1950.)

Note présentée le même jour, de MM. *Georges Blanc*, *Jean Bruneau* et *Alain Chabaud*, Présence de *rickettsia* (*coxiella*) *burneti*, chez des tiques de l'espèce *Amblyomma variegatum* recueillies en Afrique Équatoriale française :

Page 474, 7ᵉ ligne en remontant, *au lieu de* Batangaje (A. E. F.), *lire* Batangafo Oubangui-chari (A. E. F.).

(*Comptes rendus* du 13 février 1950.)

Note présentée le même jour de M. *Pierre-A. Jacquet*, Confirmation micrographique de la réversibilité de la transformation conférant la fragilité de revenu aux aciers à basses teneurs en nickel et en chrome :

Les légendes restent correctes, mais les clichés ont été inversés.
La figure 1 doit prendre la place de la figure 4 et la figure 2 celle de la figure 3.

(¹) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 713-715.

(*Comptes rendus* du 13 février 1950.)

Note présentée le même jour de MM. *Boris Ephrussi* et *Piotr P. Slonimski*, Effet de l'oxygène sur la formation des enzymes respiratoires chez la levure de boulangerie :

Page 685, ligne 36, *au lieu de* $459^{m\mu}$, *lire* $559^{m\mu}$, et ligne 38 *au lieu de* indivisible, *lire* invisible.

(*Comptes rendus* du 20 février 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Jean-G. Valatin*, L'algèbre extérieure et la seconde quantification :

Page 723, formule (2), *au lieu de*

$$(-1)^{k-1} a_{r_1} \ldots a_{r_{k-1}} \ldots a_{r_{k+1}} a_{r_f},$$

lire

$$(-1)^{k-1} a_{r_1} \ldots a_{r_{k-1}} a_{r_{k+1}} \ldots a_{r_f}.$$

(*Comptes rendus* du 27 février 1950.)

Note présentée le 20 février 1950, de M. *Jean-G. Valatin*, Le transformé de charge des opérateurs de la théorie de l'électron de Dirac :

Page 823, 3e ligne, *au lieu de* $g_{ik} = 0 \; i \neq xk$, *lire* $g_{ik} = 0 \; i \neq k$.

(*Comptes rendus* du 6 mars 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Arnaud Denjoy*, Les domaines d'approximation régulière dans les espaces cartésiens :

Page 886, 10e ligne, *après* Les h domaines $G_p(A^{\lambda_i})$... sont disjoints, *ajouter* si A n'appartient à aucune arête linéaire multiple A_1 (et $h = 2$).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 AVRIL 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 12 avril au lieu du lundi 10.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la possibilité d'une structure complexe pour les particules de spin* 1. Note de M. **Louis de Broglie** et M[me] **Marie-Antoinette Tonnelat.**

Suivant une idée émise par l'un de nous en 1936 et récemment reprise indépendamment par M. Fermi, nous examinerons si une particule de spin 1 peut être considérée comme formée par deux corpuscules de spin 1/2. Les équations obtenues permettent de décrire d'une manière qui paraît satisfaisante un état pseudo-scalaire pour lequel on retrouve les résultats de Fermi et un état vectoriel.

La Mécanique ondulatoire du photon a pris dès ses débuts (1) comme point de départ l'idée que les particules de spin 1 doivent être complexes et résulter de la fusion de deux corpuscules de spin 1/2. Cette idée, généralisée pour les particules de spin supérieur à 1, a conduit à construire une théorie générale des particules de spin quelconque (2) en les considérant comme formées par la fusion de n corpuscules de spin 1/2.

Au cours de ses investigations sur ce sujet, l'un de nous a publié en 1936 une Note (3) où il cherchait à préciser la structure interne d'une particule de

---

(1) L. de Broglie, *Une nouvelle conception de la Lumière* (*Actualités scientifiques*, n° 181, 1934).

(2) L. de Broglie, *Théorie générale des particules à spin*, Paris, 1943.

(3) L. de Broglie, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 473.

spin 1 contenant deux constituants élémentaires de spin 1/2. Une tentative de même nature vient d'être faite par M. E. Fermi [4] et la lecture de son article nous a amenés à reprendre certains calculs sur ce sujet.

La Note de 1936 conduisait aux conclusions fondamentales suivantes :

1° Il doit être possible de séparer le mouvement du centre de gravité de la particule complexe et le mouvement relatif des constituants autour du centre de gravité, de telle façon que le mouvement du centre de gravité soit représenté par les équations de la particule de spin 1 (du type des équations de la Mécanique ondulatoire du photon) et que soit ainsi réalisée une sorte de transfert sur le mouvement du centre de gravité des propriétés de spin des constituants;

2° il doit être possible de trouver une fonction d'onde dépendant des variables relatives autour du centre de gravité qui décrive l'état interne de la particule dans le système propre, état qui différera suivant que le spin total de celui-ci sera 0 ou 1.

Les résultats présentés dans la Note de 1936 n'étaient pas satisfaisants pour les raisons suivantes : L'équation d'onde du système avait été écrite sans terme d'interaction, ce qui revenait à admettre une interaction en $\delta\left(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|\right)$ et entraînait diverses difficultés; la masse propre de la particule complexe avait été posée égale à la somme des masses propres des constituants, ce qui n'était guère admissible puisque la stabilité de la particule doit correspondre à un *défaut de masse*.

Essayons de reprendre le problème d'une manière plus correcte. Désignons par x_1, y_1, z_1 et x_2, y_2, z_2 les coordonnées des deux constituants de même masse propre m_0 et, en adoptant pour les α les valeurs usuelles en Mécanique ondulatoire du photon, introduisons les matrices

$$(1)\qquad (a_j^{(1)})_{ik,lm} = (\alpha_j)_{il}\delta_{km}, \qquad (a_j^{(2)})_{ik,lm} = -(-1)^j(\alpha_j)_{km}\delta_{il},$$

où tous les indices varient de 1 à 4. Nous écrirons alors comme équation d'onde de la particule complexe

$$(2)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial\Psi_{ik}}{\partial t} = \Big[a_1^{(1)}\frac{\partial}{\partial x_1} + a_1^{(2)}\frac{\partial}{\partial x_2} + a_2^{(1)}\frac{\partial}{\partial y_1} + a_2^{(2)}\frac{\partial}{\partial y_2} + a_3^{(1)}\frac{\partial}{\partial z_1} + a_3^{(2)}\frac{\partial}{\partial z_2} + \frac{2\pi i}{h}m_0 c(a_4^{(1)} + a_4^{(2)}) + \frac{2\pi i}{h}V\left(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|\right)\left(1 - \vec{\alpha}^{(1)}.\vec{\alpha}^{(2)}\right)\Big]\Psi_{ik},$$

les $\Psi_{ik}(x_1 y_1 z_1 x_2 y_2 z_2 t)$ étant les seize composantes de la fonction d'onde du système. Nous avons introduit un terme d'interaction de la forme proposée par M. Fermi. On peut donner à la fonction $V\left(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|\right)$ une forme simple telle que le *trou de potentiel*.

Introduisons ensuite les coordonnées X, Y, Z du centre de gravité de la

---

[4] E. Fermi et C. N. Young, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1739.

particule complexe et les coordonnées relatives ξ, η, ζ par les formules

$$(3)\qquad \begin{cases} X=\dfrac{x_1+x_2}{2}, & Y=\dfrac{y_1+y_2}{2}, & Z=\dfrac{z_1+z_2}{2}, \\ \xi=\dfrac{x_1-x_2}{2}, & \eta=\dfrac{y_1-y_2}{2}, & \zeta=\dfrac{z_1-z_2}{2}. \end{cases}$$

L'équation (2) prend alors la forme

$$(4)\quad \frac{1}{c}\frac{\partial\Psi_{ik}}{\partial t}=\Big[\frac{a_1^{(1)}+a_1^{(2)}}{2}\frac{\partial}{\partial X}+\frac{a_2^{(1)}+a_2^{(2)}}{2}\frac{\partial}{\partial Y}+\frac{a_3^{(1)}+a_3^{(2)}}{2}\frac{\partial}{\partial Z}$$
$$+\frac{a_1^{(1)}-a_1^{(2)}}{2}\frac{\partial}{\partial\xi}+\frac{a_2^{(1)}-a_2^{(2)}}{2}\frac{\partial}{\partial\eta}$$
$$+\frac{a_3^{(1)}-a_3^{(2)}}{2}\frac{\partial}{\partial\zeta}+\frac{2\pi i}{h}m_0c(a_4^{(1)}+a_4^{(2)})+\frac{2\pi i}{h}V\left(1-\vec{\alpha}^{(1)}.\vec{\alpha}^{(2)}\right)\Big]\psi_{ik}.$$

Ici ψ_{ik} est exprimée à l'aide des variables X, Y, Z, ξ, η, ζ, t.

Plaçons-nous maintenant dans le système de référence propre de la particule où le centre de gravité est au repos et où la fonction d'onde ne dépend plus que des variables relatives. Nous aurons alors en désignant par l'indice zéro les quantités qui se rapportent au système propre, les équations suivantes pour déterminer les états quantifiés internes de la particule :

$$(5)\qquad \Big[\frac{a_1^{(1)}-a_1^{(2)}}{2}\frac{\partial}{\partial\xi_0}+\frac{a_2^{(1)}-a_2^{(2)}}{2}\frac{\partial}{\partial\eta_0}+\frac{a_3^{(1)}-a_3^{(2)}}{2}\frac{\partial}{\partial\zeta_0}$$
$$+\frac{2\pi i}{h}m_0c(a_4^{(1)}+a_4^{(2)})+\frac{2\pi i}{h}V\left(1-\vec{\alpha}_1.\vec{\alpha}_2\right)\Big]\psi_{ik}=\frac{2\pi i}{h}\frac{W_0}{c}\psi_{ik}.$$

A l'état d'énergie W_0 correspond une masse propre de la particule égale à $M_0=W_0/c^2$. On trouve une série d'états quantifiés correspondant au spin zéro qui sont représentés par les solutions de Fermi. On trouve aussi une autre série d'états quantifiés correspondant au spin 1 : ils sont décrits par des solutions obtenues en considérant des doublets dont les axes sont dirigés suivant $o\xi_0$, $o\eta_0$ ou $o\zeta_0$.

Soit alors $\Psi_{ik}^{(0)}(\xi_0,\eta_0,\zeta_0,t_0)=\varphi_{ik}^{(0)}(\xi_0,\eta_0,\zeta_0)\,e^{(2\pi i/h)M_0c^2t_0}$ la fonction d'onde d'un des états normaux ($\varphi_{ik}^{(0)}$ et M_0 peuvent varier suivant que l'état a le spin 1 ou zéro). Il s'agit de retrouver pour le mouvement du centre de gravité de la particule complexe les équations de la particule de spin maximum 1, de telle façon que le spin se trouve reporté sur le centre de gravité. Remarquons qu'il y a quatre couples d'indices privilégiés, que nous désignerons par $\underline{ik}$, tels que les composantes $\Phi_{\underline{ik}}^{(0)}(t_0)$ de l'onde décrivant le mouvement du centre de gravité soient les seules différentes de zéro dans le système propre. Avec la représentation adoptée, $\underline{i}$ peut prendre les valeurs 3 et 4, et $\underline{k}$ les valeurs 1 et 2. D'autre part nous avons trouvé quatre solutions indépendantes $\Psi'^{(0)}(\xi_0,\eta_0,\zeta_0,t_0)$ décrivant un état interne pseudo-scalaire et trois états internes vectoriels. Il est aisé de voir que l'on peut faire correspondre chacune de ces solutions

à un couple d'indices privilégiés et par suite la représenter par $\varphi^{(0)}_{\underline{ik}}$. On posera alors

$$(6)\qquad \Psi^{(0)}_{rs}(\xi_0, \eta_0, \zeta_0, t_0) = \sum_{\underline{i}\,\underline{k}} a^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}} \left(\varphi^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}}\right)_{rs} e^{\frac{2\pi i}{h} W^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}} t_0},$$

où $\left(\varphi^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}}\right)_{rs}$ est la composante rs de la fonction $\varphi^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}}$. On a les relations d'orthonormalité

$$(7)\qquad \int \sum_{rs} \left(\varphi^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}}\right)^*_{rs} \left(\varphi^{(0)}_{\underline{j}\,\underline{l}}\right)_{rs} d\tau_0 = \delta_{\underline{i}\,\underline{j}}\, \delta_{\underline{k}\,\underline{l}}$$

avec $d\tau_0 = d\xi_0\, d\eta_0\, d\zeta_0$. Nous définirons les seules composantes non nulles dans le système propre de la fonction d'onde $\Phi^{(0)}(t_0)$ qui décrit le mouvement du centre de gravité par

$$(8)\qquad \begin{aligned} \Phi^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}}(t_0) &= \int \left(\varphi^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}} \Psi^{(0)}\right) d\tau_0 \\ &= \sum_{\underline{j}\,\underline{l}} a^{(0)}_{\underline{j}\,\underline{l}} \int \sum_{rs} \left(\varphi^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}}\right)^*_{rs} \left(\varphi^{(0)}_{\underline{j}\,\underline{l}}\right)_{rs} d\tau_0\, e^{\frac{2\pi i}{h} W^{(0)}_{\underline{j}\,\underline{l}} t_0} = a^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}}\, e^{\frac{2\pi i}{h} W^{(0)}_{\underline{i}\,\underline{k}} t_0}. \end{aligned}$$

Si l'on passe du système propre à un système galiléen quelconque, la fonction $\Phi^{(0)}(X, Y, Z, t)$ obtenue à partir de $\Phi^{(0)}(t^0)$ satisfait aux équations de la particule de spin maximum 1 et admet par suite les solutions vectorielles et pseudo-scalaires bien connues.

M. **Paul Lebeau** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage en deux volumes intitulé : *Les hautes températures et leurs utilisations en chimie*, publié sous sa direction; Secrétaire général : Félix Trombe.

M. **Charles Maurain** présente un Ouvrage dont M. **Alexandre Dauvillier**, Correspondant, fait hommage à l'Académie, et qui comprend sous le titre : *Problèmes de Géomagnétisme* [1], les chapitres suivants : Géomagnétisme et Rayons cosmiques, par M. Dauvillier; l'Origine du Géomagnétisme, par M. Dauvillier; Géomagnétisme et Géologie, par M. Jean-Pierre Rothé; le Géomagnétisme dans le passé, par M. Émile Thellier; Géomagnétisme et Ionosphère, par M. Raymond Jouaust.

M. **Hans A. Pallmann** fait hommage d'une collection de publications relatives à ses travaux scientifiques.

---

[1] *Problèmes de Géomagnétisme* (*Bibliothèque Cosmophysique*, 114 pages, Paris, 1950).

DÉSIGNATIONS.

MM. **Henri Villat**, **Louis de Broglie**, **Camille Gutton**, **René Barthélemy**, **Georges Darrieus**, **Hippolyte Parodi** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu le 20 mai 1950, à la Sorbonne, pour célébrer le centième anniversaire de la naissance de **Oliver Heaviside**.

MM. **Henri Villat** et **Joseph Pérès** sont désignés pour représenter l'Académie aux Journées universitaires qui se tiendront à Poitiers, du 27 avril au 1er mai 1950.

M. **Gaston Ramon** est désigné pour représenter l'Académie à la manifestation d'hommage qui aura lieu au Palais des Académies, à Bruxelles, le 25 novembre 1950, en l'honneur du quatre-vingtième anniversaire de M. **Jules Bordet**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Essai de classification documentaire de médecine aéronautique*, par le Médecin-Lieutenant-Colonel L. Gallouin.

2° Marcel Laporte. *Les lampes à éclairs lumière blanche et leurs applications* (présenté par M. J. Cabannes).

3° *I° Congresso luso-espanhol de hidrologia (Lisboa). Actas, Alocuçoes, Comunicaçoes.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Note sur les propriétés des fonctions hyperbesséliennes.* Note (*) de M. **Paul Delerue**, présentée par M. Henri Villat.

L'objet de cette Note est d'indiquer les méthodes qu'on peut employer dans l'étude des fonctions hyperbesséliennes (1) et les directions dans lesquelles ont été obtenus des résultats. Bien des propriétés connues pour les fonctions de Bessel se généralisent à ces fonctions.

1. L'image de ces fonctions en calcul symbolique à une variable est une fonction de même nature, avec un indice de moins

$$(1) \qquad x^{\frac{r\lambda_1-(\lambda_2+\lambda_3+\ldots+\lambda_r)}{r+1}} J^{(r)}_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_r}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{x}\right] \supset \frac{1}{p^{\frac{r\lambda_1-(\lambda_2+\ldots+\lambda_r)}{r}}} J^{(r-1)}_{\lambda_2,\ldots,\lambda_r}\left(\frac{r}{\sqrt[r]{p}}\right),$$

(*) Séance du 27 mars 1950.

(1) P. Delerue, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1197-1199.

d'où le procédé de recherche qui sera exposé sur un exemple. Dans la relation conuue pour les fonctions de Bessel

$$J_0(z) + 2\sum_{n=1}^{\infty} J_{2n}(z)\cos 2\theta = \cos(z\sin\theta) = \sqrt{\frac{rz\sin\theta}{2}}\, J_{-\frac{1}{2}}(z\sin\theta),$$

on changera z en $2/\sqrt{p}$, puis en remontant aux originaux à l'aide de (1), on obtiendra une relation analogue pour les fonctions hyperbesséliennes d'ordre 2. Un procédé de récurrence permet alors de trouver une propriété semblable pour les J_r. De très nombreuses propriétés peuvent être ainsi obtenues puisqu'on connaît de multiples relations pour les fonctions de Bessel.

2. L'image en calcul symbolique à n variables (après multiplication par des puissances convenables) est curieuse

$$\prod_1^r x_i^{\frac{r\lambda_i-(\lambda_1+\lambda_2+\ldots+\lambda_{i-1}+\lambda_{i+1}+\ldots+\lambda_r)}{r+1}} J^{(r)}_{\lambda_1,\ldots,\lambda_r}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{x_1, x_2, \ldots, x_r}\right] \supset \frac{1}{rp_1^{\lambda_1}, \ldots, p_r^{\lambda_r}}\, e^{\frac{-1}{p_1 p_2 \ldots p_r}}.$$

En appliquant les règles du calcul symbolique à n variables, on en déduit des relations de récurrence entre les $J^{(r)}$, par exemple

$$(r\lambda_1 - \lambda_2 - \ldots - \lambda_r)\, J^{(r)}_{\lambda_1,\ldots,\lambda_r}(x) + x\frac{d}{dx}[J^{(r)}_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_r}(x)] = xJ^{(r)}_{\lambda_1-1,\lambda_2,\ldots,\lambda_r},$$

$$(\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots + \lambda_r)\, J_{\lambda_1,\ldots,\lambda_k} - x\frac{d}{dx}[J^{(r)}_{\lambda_1,\ldots,\lambda_r}(x)] = (-1)^r x\, J_{\lambda_1+1,\ldots,\lambda_r+1},$$

$$(\lambda_1 + 1)(r+1)\, J_{\lambda_1+1,\lambda_2,\ldots,\lambda_r} + (-1)^{r+1} x\, J_{\lambda_1+2,\lambda_2+1,\ldots,\lambda_r+1} - xJ_{\lambda_1\,\lambda_2,\ldots,\lambda_r} = 0.$$

Comme pour les fonctions de Bessel, on en déduit le calcul de certaines intégrales. On peut aussi généraliser à ces fonctions les intégrales de Weber et de Sonine (2).

3. On sait que pour $n = \pm 1/2$:

$$J_n = \sqrt{\frac{2}{\pi x}}\,\begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}\, x.$$

De même, M. Humbert (3) a montré que pour des valeurs convenables des indices, les fonctions $J_{m,n}$ s'expriment au moyen des sinus du troisième ordre. La propriété est générale : pour des valeurs convenables des indices, les fonctions hyperbesséliennes se calculent à l'aide de sinus d'ordre supérieur. On en déduit une représentation intégrale d'une fonction hyperbessélienne d'ordre n où figure un sinus d'ordre $n+1$.

4. On sait que si n n'est pas entier, J_n et J_{-n} sont des solutions indépendantes

(2) WATSON, *Theory of Bessel functions*, p. 373, 376, 393.

(3) *Atti Pont. Accademia Scient.*, 83e année, 1930; *ibid.*, 1934, p. 323-331; *ibid.*, 1935, p. 154-158.

de l'équation de Bessel; que dans le cas général, l'équation différentielle à laquelle satisfait $J_{m,n}$ admet les trois solutions indépendantes ([3]) $J_{m,n}$, $J_{-m,n-m}$, $J_{-n,m-n}$. On peut former l'équation différentielle du $(n+1)^{\text{ième}}$ ordre à laquelle satisfait $J^{(r)}_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_r}$ et dans le cas général, on a les $(n+1)$ solutions indépendantes

$$J^{r}_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_r},\quad J^{(r)}_{-\lambda_1,\lambda_1-\lambda_2,\ldots,\lambda_r-\lambda_1},\quad J^{(r)}_{-\lambda_2,\lambda_1-\lambda_2,\ldots,\lambda_r-\lambda_2},\quad \ldots.$$

5. A peu près tous les résultats donnés par M. Humbert pour les fonctions de Bessel du troisième ordre ([3]) se généralisent aux fonctions hyperbesséliennes en particulier l'application qu'il en a donnée pour l'équation

$$\frac{\partial^3 U}{\partial x^3}+\frac{\partial^3 U}{\partial y^3}+\frac{\partial^3 U}{\partial z^3}-3\frac{\partial^3 U}{\partial x\,\partial y\,\partial z}+U=0.$$

6. Les fonctions hyperbesséliennes nous ont permis de donner des images en calcul symbolique ([1]). Remarquons à ce sujet qu'on peut transformer les formules données. On peut établir la relation

$$\frac{1}{p^{km}}e^{-\frac{S}{p^m}}\subset\frac{x^{km}}{\Gamma(km+1)}\,{}_0F_m\left(k+\frac{1}{m},\,k+\frac{2}{m},\,\ldots,\,k+\frac{m-1}{m},\,k+1;\,-\frac{Sx^m}{m^m}\right).$$

On en déduit les correspondances symboliques à 1 et 2 variables.

$$p^{m(1-k)}\varphi\left(\frac{1}{p^m}\right)\subset\frac{x^{km}}{\Gamma(km+1)}\times\int_0^\infty {}_0F_m\left(k+\frac{1}{m},\,k+\frac{2}{m},\,\ldots,\,k+\frac{m-1}{m},\,k+1;\,-\frac{Sx^m}{m^m}\right)f(S)\,dS,$$

$$p^{m(1-k)}q^{n(1-k')}\varphi\left(\frac{1}{p^m},\,\frac{1}{q^n}\right)\Subset\frac{x^{km}\,y^{kn'}}{\Gamma(km+1)\,\Gamma(kn'+1)}\times\int_0^\infty\int_0^\infty {}_0F_m\left(k+\frac{1}{m},\,\ldots,\,k+\frac{m-1}{m},\,k+1;\,-\frac{Sx^m}{m^m}\right)\times{}_0F_n\left(k'+\frac{1}{n},\,\ldots,\,k'+\frac{n-1}{n},\,k'+1;\,-t\frac{y^n}{n^n}\right)f(S,\,t)\,dS\,dt.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la fonction $\nu(t, n)$.* Note de MM. **Pierre-A. Barrucand** et **Serge Colombo**, présentée par M. Henri Villat.

Divers auteurs ([1]) ont montré que le calcul symbolique permet d'établir de nombreuses relations entre des transcendantes connues et la fonction

$$\nu(t,\,n)=\int_0^\infty\frac{t^{s+n}}{\Gamma(s+n+1)}\,ds;$$

les formules que nous donnons aujourd'hui nous semblent nouvelles.

([1]) Serge Colombo, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 368-369; Pierre Humbert et Louis Poli, *Bull. Sc. Math.*, 68, 1944; Serge Colombo, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1235-1236.

1° Soit la fonction de Prym

$$P(t,\ m) = \int_0^t e^{-s} s^{m-1}\, ds;$$

on a

$$a^{-m} P(t,\ m) \supset \frac{\Gamma(m)}{(p+a)^m},$$

d'où

$$\int_n^{n+1} a^{-s} \frac{P(t,\ s)}{\Gamma(s)}\, ds \supset \int_n^{n+1} (p+a)^{-s}\, ds$$

et, en tenant compte de la correspondance

$$e^{-at} \nu(t,\ n) \supset p(p+a)^{-1}[\log(p+a)]^{-1},$$

on obtient la relation

$$(1) \qquad \int_n^{n+1} a^{-s} \frac{P(t,\ s)}{\Gamma(s)}\, ds = e^{-at} \nu(t,\ n) + (a-1)\int_0^t e^{-as} \nu(s,\ n)\, ds.$$

Celle-ci admet comme cas particulier la formule

$$(1') \qquad \nu(t,\ n) = e^t \int_n^{n+1} \frac{P(t,\ s)}{\Gamma(s)}\, ds,$$

déjà trouvée par Louis Poli et qui fournit une nouvelle définition de $\nu(t,\ n)$.

2° La correspondance

$$p^{-n} e^{-\frac{1}{p}} \subset t^{\frac{n}{2}} J_n(2\sqrt{t})$$

donne

$$e^{-\frac{1}{p}} \int_a^{\infty} p^{-s}\, ds = e^{-\frac{1}{p}} p^{-a} (\log p)^{-1} \subset \int_a^{\infty} t^{\frac{s}{2}} J_s(2\sqrt{t})\, ds,$$

d'où

$$(2) \qquad J_0(2\sqrt{t})^{\star}\, \nu(t,\ a-1) = \int_a^{\infty} t^{\frac{s}{2}} J_s(2\sqrt{t})\, ds.$$

On trouve de même

$$(2') \qquad I_0(2\sqrt{t})^{\star}\, \nu(t,\ a-1) = \int_a^{\infty} t^{\frac{s}{2}} I_s(2\sqrt{t})\, ds.$$

3° Considérons le développement

$$\frac{x}{\log(1-x)} = -1 + \sum_{n=1}^{\infty} i_n x^n$$

dans lequel apparaissent des coefficients i_n, liés aux nombres de Bernoulli, qui furent utilisés par Gregory vers 1670 dans des formules sommatoires.

Comme

$$L_n(t)\supset\left(1-\frac{1}{p}\right)^n=q^n,\qquad \nu(t,0)\supset\frac{1}{\log p}=\frac{-1}{\log(1-q)},$$

on aura

(3) $$i_{n+1}=\int_0^{\infty}[1-e^{-x}\nu(x,0)]\,L_n(x)\,dx,$$

car on sait que

$$\int_0^{\infty}e^{-x}L_m(x)\,L_n(x)\,dx=0\qquad\text{si}\quad m\neq n.$$

TOPOLOGIE. — *Applications* A-*intérieures et formule de Gauss-Bonnet généralisée*. Note (*) de Mme **Marie-Hélène Schwartz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit g une application A-intérieure de la variété V dans la variété E [1]; V est engendré par les variétés compactes à n dimensions V_t telles que $\lim \dot{\mathfrak{V}}(t)/\mathfrak{V}(t)=0$; soient $\Gamma_{p,t}$ l'ensemble des points de E *recouverts* au moins p fois par la restriction de g à V_t et $\Gamma_{t,\lambda}$ une partie connexe de l'un quelconque des $\Gamma_{p,t}$. Les $\Gamma_{t,\lambda}$ sont compacts en nombre fini pour t donné et $\cup\dot{\Gamma}_{p,t}=g(\dot{V}_t)$.

Nous pouvons supposer que l'hypervolume de E est 1 :

Lemme. — *Soit* γ *une sous-variété connexe compacte de* E, *si l'on peut définir les hypervolumes à n et n* — 1 *dimensions* $\mathfrak{V}(\gamma)$ *et* $\dot{\mathfrak{V}}(\dot{\gamma})$, *on a*

$$\dot{\mathfrak{V}}(\dot{\gamma})>K\inf[\mathfrak{V}(\gamma),\,(1-\mathfrak{V}(\gamma))],$$

K, *constante relative à la métrique*.

Nous admettrons ce lemme et l'appliquerons aux $\Gamma_{t,\lambda}$. Soient $\varepsilon(t)=\dot{\mathfrak{V}}(t)/\mathfrak{V}(t)$ et $\eta_1(t)$ tel que $\eta_1(t)\to 0$ et $\varepsilon(t)/\eta_1(t)\to 0$.

Remplaçons l'indice λ par i, j, ou k suivant la distinction suivante :

Les $\Gamma_{t,i}$ sont tels que $\dot{\mathfrak{V}}(\dot{\Gamma}_{t,i})\geq\eta_1(t)$; soit $\nu_1(t)$ leur nombre

$$\eta_1(t).\nu_1(t)\leq\sum_{\lambda}\dot{\mathfrak{V}}(\dot{\Gamma}_{t,\lambda})=\varepsilon(t)\mathfrak{V}(t)\qquad\text{d'où}\qquad\frac{\nu_1(t)}{\mathfrak{V}(t)}\to 0,$$

les $\Gamma_{t,j}$ sont tels que $\dot{\mathfrak{V}}(\dot{\Gamma}_{t,j})<\eta_1(t)$ avec $[1-\mathfrak{V}(\Gamma_{t,j})]<1/2$

$$\sum_j[1-\mathfrak{V}(\Gamma_{t,j})]<K^{-1}\sum_j\dot{\mathfrak{V}}(\Gamma_{t,j})\leq K^{-1}\varepsilon(t)\mathfrak{V}(t),$$

les $\Gamma_{t,k}$ sont tels que $\dot{\mathfrak{V}}(\dot{\Gamma}_{t,k})<\eta_1(t)$ avec $\mathfrak{V}(\Gamma_{t,k})<1/2$

$$\sum_k\mathfrak{V}(\Gamma_{t,k})<k^{-1}\sum_k\dot{\mathfrak{V}}(\Gamma_{t,k})\leq K^{-1}\varepsilon(t)\mathfrak{V}(t).$$

(*) Séance du 13 mars 1950.

(1) Pour les définitions, *voir* notre Note précédente, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1244.

Soit maintenant $\eta_2(t)$ tel que $\eta_2(t) \to 0$ et que $\varepsilon(t) = o[\eta_1(t).\eta_2(t)]$; soient A et B deux points de E recouverts respectivement a et b fois avec $b - a > \eta_2(t)\mathfrak{V}(t)$. Considérons un chemin joignant A à B, il traverse au moins $b - a$ bords de $\Gamma_{t,\lambda}$ emboîtés. Comme $\nu_1(t) = o[\eta_2(t)S(t)]$ il y a, parmi ces bords, plus de $1/2.\eta_2(t)\mathfrak{V}(t)$ $\dot{\Gamma}_{t,j}$ ou $\dot{\Gamma}_{t,k}$. Donc l'un au moins des points A et B appartient à plus de $1/4.\eta_2(t)\mathfrak{V}(t)$ compacts $\complement\Gamma_{t,j}$ ou $\Gamma_{t,k}$ soit par exemple B dans les $\Gamma_{t,k}$: Comme $\Sigma_k \mathfrak{V}(\Gamma_{t,k}) < K^{-1}\varepsilon(t).\mathfrak{V}(t)$, B est dans une sous-variété e_t de connexion finie, telle que $\mathfrak{V}(e_t) < 4K^{-1}\varepsilon(t)/\eta_2(t) = o[\eta_1(t)] \to 0$. De même on définit e'_t relatif aux domaines $\complement(\Gamma_{t,j})$. Un calcul asymptotique simple donne alors le résultat suivant : *Les points de* $\complement(e_t, e'_t)$, *domaine dont l'hypervolume tend vers* 1, *sont recouverts par la restriction de* g *à* V [ou de f à $U_t = h^{-1}(V_t)$] *un nombre de fois équivalent à* $\mathfrak{V}(t)$, compris entre $\mathfrak{V}(t)[1 - \eta_3(t)]$ et $\mathfrak{V}(t)[1 + \eta_3(t)]$ avec $\eta_3(t) = O[\varepsilon(t)/\eta_2(t) + \eta_2(t)]$.

Reprenons la formule (2) ([1]), formule de Gauss-Bonnet appliquée à V_t. De ce qui précède l'hypothèse faite sur $\rho(V_t)$, il résulte que

$$\mathrm{Ct}\,V_t \sim \mathfrak{V}(t).\mathrm{Ct}E = \mathfrak{V}(t).\rho(E).$$

Il vient

$$\lim\left[\frac{1}{\mathfrak{V}(t)}\sum_{k,i}[m'(\mathcal{O}_i^k) - 1] + \frac{1}{\mathfrak{V}(t)}(-\mathrm{Cg}V_t)\right] = \rho(E).$$

Pour $\mathcal{O}_i^k \subset \mathring{V}_t$, $k \leqq n-2$ et $\mathcal{O}_i^k \subset \dot{V}_t$, $k = n-2$.

Par analogie avec la théorie de Nevanlinna-Ahlfors sous sa forme différenciée, appelons $\mathrm{Alg}(t)$ et $\mathrm{Trs}(t)$ des fonctions respectivement égales aux deux termes du premier membre, à un terme additif près tendant vers zéro. Il reste à relier $\mathrm{Trs}(t)$ à la notion classique de défaut transcendant.

Citons une classe importante d'applications A-intérieures, sur E, d'une variété U munie d'une métrique donnée.

Appelons quasi conforme toute application intérieure telle que la variation relative du coefficient de dilatation linéaire autour d'un point de U soit bornée sur U. On démontre, comme pour $n = 2$ ([2]), que toute application quasi conforme de l'espace euclidien R^n dans la sphère S^n est A-intérieure (les compacts d'approche étant presque toutes les boules de rayon t). De même sont A-intérieures les applications quasi conformes sur S^n de la boule ouverte de rayon t_0 à condition que $\lim(t_0 - t)^{n-1}\mathfrak{V}(t) = \infty$.

([2]) NEVANLINNA, *Eindeutige analytische Functionen*, Berlin, 1936.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'écoulement continu et unidimensionnel à travers une onde de choc droite ou oblique.* Note (*) de M. **Jean-J. Bernard**, présentée par M. Maurice Roy.

Nous nous proposons dans ce qui suit d'étendre les résultats obtenus par M. Maurice Roy [1], et repris récemment par MM. Morduchow et P. A. Libby [2], dans le cas d'une onde de choc droite pour une valeur particulière du nombre de Prandtl $\mathfrak{P}$.

1. Les axes Ox et Oy étant respectivement perpendiculaire et parallèle à la direction de l'onde de choc, et l'écoulement amont étant uniforme, l'écoulement, loin de toute paroi, est fonction seulement de l'abscisse x, que l'onde soit droite ou oblique. Dans ces conditions, les équations générales du mouvement avec viscosité (η) et conductibilité (λ) admettent les intégrales premières, où $\mathfrak{P} = \eta c_p/\lambda$ et $\gamma = c_p/c_v$:

$$(1)\qquad \theta + \gamma M_\infty^2 U^2 - (1 + \gamma M_\infty^2) U - \frac{4}{3}\gamma M_\infty \theta^s U U' = 0,$$

$$(2)\qquad \frac{\theta}{\gamma - 1} - \frac{1}{2}\gamma M_\infty^2 U^2 + (1 + \gamma M_\infty^2) U - \frac{1}{\mathfrak{P}}\frac{\gamma}{\gamma - 1}\frac{\theta^s}{M_\infty}\theta' = \frac{\gamma}{\gamma - 1}\left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_\infty^2\right).$$

La composante U de la vitesse suivant Ox et la température θ sont rapportées à leurs valeurs respectives à l'infini amont, où le nombre de Mach correspondant à U est M_∞ ; l'abscisse ξ est exprimée en libres parcours moyens et la viscosité est supposée proportionnelle à la puissance s de la température ($0 < s < 1$).

2. Par addition de (1) et (2) on a une relation différentielle (linéaire lorsque $s = 0$ et $\mathfrak{P} = 3/4$), dont on peut tirer la relation

$$(3)\qquad \theta = \frac{4\mathfrak{P}}{3}\left[1 + (\gamma - 1)\frac{M_\infty^2}{2}(1 - U^2)\right] + Ce^Z - \left(1 - \frac{4\mathfrak{P}}{3}\right)e^Z \int \theta e^{-Z}\, dZ,$$

$$\left[Z = \frac{3 M_\infty}{4}\int \frac{dU}{\theta^s} = \frac{3 M_\infty}{4}\int \frac{dU}{\theta^s U'}\right]$$

qui généralise la formule $\theta = 1 + (\gamma - 1)(M_\infty^2/2)(1 - U^2) + Ce^Z$ correspondant à $\mathfrak{P} = 3/4$. La relation (3) permet d'obtenir θ en fonction de U par des approximations successives (en partant, par exemple, de la valeur de θ correspondant à $s = 0$ et $\mathfrak{P} = 3/4$).

Les approximations successives convergent numériquement pour les valeurs les plus usuelles de $\mathfrak{P}$; on tire alors facilement de (1) U en fonction de ξ.

Remarquons encore que, pour des écoulements amont et aval uniformes

---

(*) Séance du 27 mars 1950.

(1) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 813-816.

(2) *Journ. of Aeron. Sc.*, **11**, 1949.

$(C=0)$, U' s'annule pour les valeurs extrêmes 1 et α de la vitesse, ce qui entraîne pour θ les valeurs classiques déduites de (1). On vérifie que ces valeurs sont respectées par (3) indépendamment de l'approximation considérée.

3. La valeur particulière $s=0$ ne simplifie pas la solution du problème par cette méthode, car θ subsiste toujours dans la dernière intégrale. Par contre, on peut réduire (pour certaines valeurs de s) le système (1, 2), à une seule équation différentielle du premier ordre, non linéaire, donnant U' en fonction de U. En fait, ce calcul n'est praticable que pour $s=0$; on obtient alors en posant $U'=Y(U)$, $Y'=dY/dU$

$$(4)\quad UYY'=\frac{3}{8}\frac{\gamma+1}{\gamma}\mathcal{P}M_\infty^2(1-U)(U-\alpha)+\left[U\left(\frac{\mathcal{P}}{\gamma}+\frac{3}{2}\right)-\frac{3}{8}(1+\alpha)\frac{\gamma+1}{\gamma}\right]M_\infty Y-Y^2.$$

Toujours dans le cas d'écoulements amont et aval uniformes, il faut donc rechercher une solution de cette équation qui soit nulle à la fois pour $U=1$ et $U=\alpha$. Pour $\mathcal{P}=3/4$ la solution particulière cherchée est simplement $Y_0=M_\infty(3/8)(1+1/\gamma)(U-1)(U-\alpha)/U$.

Pour $\mathcal{P}$ quelconque, il n'apparaît pas de solution rigoureuse simple, mais il est facile d'obtenir des solutions approchées, soit par développement en série, soit par linéarisation.

Dans le premier cas, on pose $\mathcal{P}=3/4+\delta$ et l'on cherche une solution de la forme $Y=Y_0+\Sigma Y_n\delta^n$. On constate que chaque coefficient Y_n est donné par une équation différentielle linéaire dont seul le second membre varie avec n

$$Y'_n+Y_n\left[\frac{1}{U}+\frac{2\gamma}{(1+\gamma)(1-\alpha)}\left(\frac{1}{1-U}+\frac{\alpha}{U-\alpha}\right)\right]=f_n$$

et fait intervenir les Y_p précédents

$$f_n=-\frac{M_\infty Y_{n-1}}{\gamma Y_0}-\sum_1^{n-1}\frac{Y_p(Y_{n-p}+UY'_{n-p})}{UY_0};$$

on a ainsi

$$Y_n=\frac{1}{U}\left[\frac{1-U}{(U-\alpha)^\alpha}\right]^{\frac{2\gamma}{(1+\gamma)(1-\alpha)}}\int\left[\frac{(U-\alpha)^\alpha}{1-U}\right]^{\frac{2\gamma}{(1+\gamma)(1-\alpha)}}Uf_n\,dU.$$

Dans le second cas, on pose $Y=Y_0+h$, h étant donné par l'équation linéarisée

$$h'=\frac{h[\beta U^2+(1+\alpha)U-\alpha]}{U(U-1)(U-\alpha)}+\left(\frac{4}{3}-\mathcal{P}\right)\left(1-\frac{1}{\gamma}\right)M_\infty,$$

avec $\beta=(8\mathcal{P}+3\gamma-9)/3(\gamma+1)$. La solution est alors

$$h=M_\infty\left(\frac{3}{4}-\mathcal{P}\right)\left(1-\frac{1}{\gamma}\right)\frac{1}{U}\left[\frac{1-U}{(U-\alpha)^\alpha}\right]^{\frac{1+\beta}{1-\alpha}}\int\left[\frac{(U-\alpha)^\alpha}{1-U}\right]^{\frac{1+\beta}{1-\alpha}}U\,dU.$$

La convergence et la validité de ces procédés semblent assurées pour les valeurs usuelles de $\mathcal{P}$.

HYDRAULIQUE. — *Expériences sur le fonctionnement des volets déversants.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, présentée par M. Charles Camichel.

Étude expérimentale du fonctionnement des volets déversants d'allongements divers : détermination des débits, des pressions et des efforts en fonction de la charge. Comparaison avec les résultats fournis par la construction graphique de Prasil.

Nous avons effectué, sur un modèle réduit à l'échelle 0,12, une étude systématique du fonctionnement de volets déversants de 1^m de largeur : le tracé correspond au profil Creager, pour charge $H = 1^m$, sauf en ce qui concerne l'extrémité amont, où le point anguleux habituel est remplacé par un cercle de raccordement de rayon $0^m,082$. Les volets étudiés diffèrent par la longueur l de leur plus grande corde qui prend les valeurs

$$1^m,4, \quad 1^m,8, \quad 2^m,2, \quad 2^m,6, \quad 3^m.$$

Première série d'expériences. — On maintient le plan d'eau amont à une cote $H = 1^m$ au-dessus du seuil correspondant à la position la plus basse du volet, confondue avec l'emplacement du profil Creager.

On relève alors plus ou moins le volet, en prenant pour repère la distance verticale h du point le plus haut du volet au plan de charge amont (*fig.* 1).

Pour chaque volet, on étudie pour les quatre valeurs de h :

$$0^m,25, \quad 0^m,50, \quad 0^m,75, \quad 1^m,$$

le débit q, la forme de la surface libre et la répartition des pressions sur le seuil ; on déduit de cette dernière la valeur de la résultante F des pressions, le bras de levier r par rapport à l'axe de rotation O du volet, l'inclinaison α de F au-dessous de l'horizontale, et le moment Fr par rapport à O.

La méthode graphique de Prasil est appliquée à l'écoulement au-dessus du volet, de longueur de corde $l = 1^m,40$, pour les quatre valeurs de h envisagées : elle fournit une évaluation des débits et des pressions en bonne concordance avec les résultats expérimentaux, comme le montrent les figures 2 et 3, relatives au cas de $h = 0^m,75$.

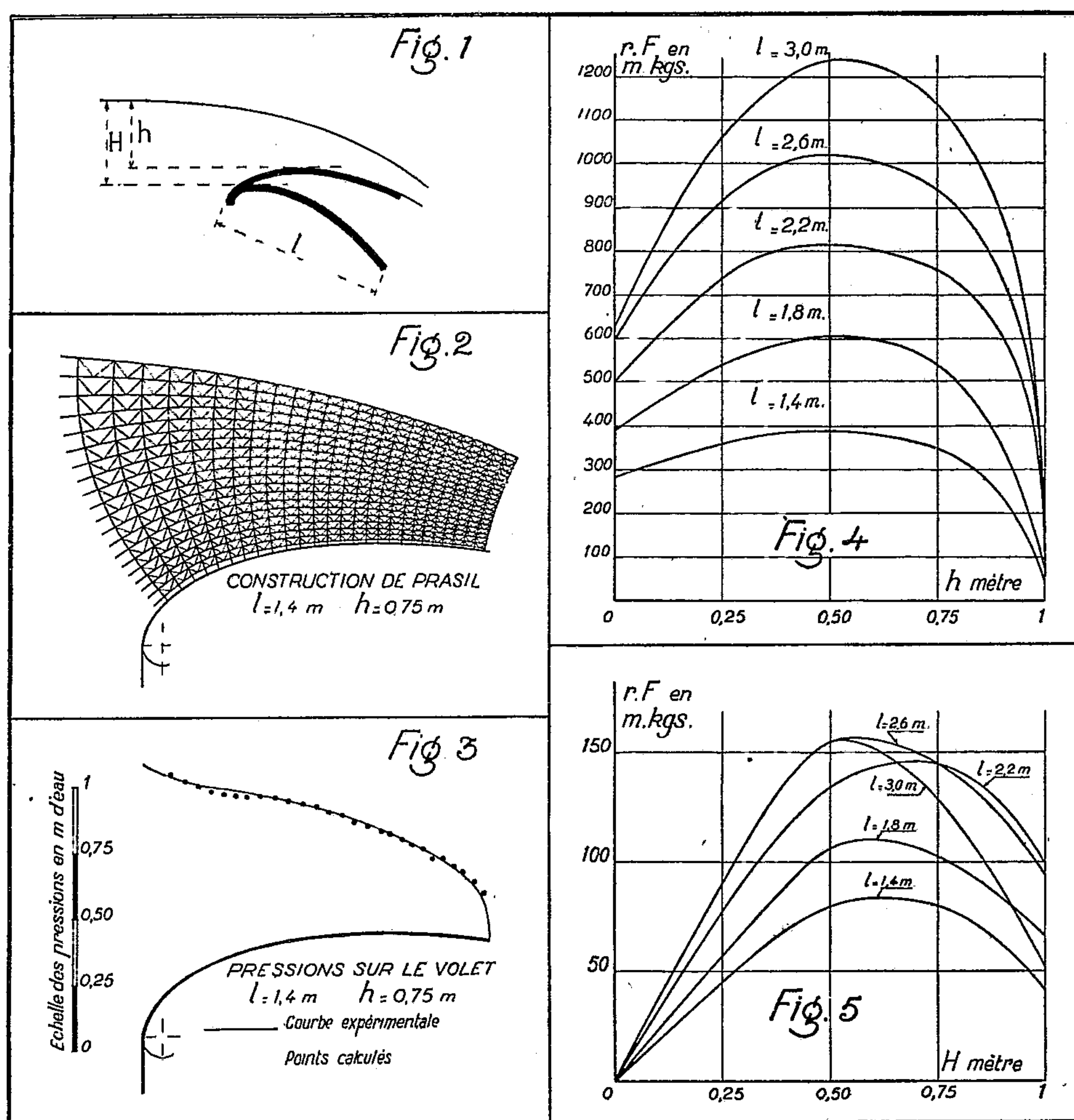
Les courbes (h, q) caractérisant les divers volets sont sensiblement confondues : toutefois, les volets les plus courts donnent des débits légèrement supérieurs aux autres pour les faibles valeurs de h.

Les maxima du moment Fr et de la résultante F correspondent sensiblement à une même valeur de h égale à $0^m,50$, comme le montrent les courbes de la

(*) Séance du 27 mars 1950.

figure 4 : les maxima de Fr varient linéairement avec l de $387\,\mathrm{m} \times \mathrm{kg}$, pour $l = 1^{\mathrm{m}},40$, à $1236\,\mathrm{m} \times \mathrm{kg}$ pour $l = 3^{\mathrm{m}}$.

Deuxième série d'expériences. — Les volets sont maintenus dans la position la plus basse et, seule, varie la position du plan d'eau amont définie par sa cote h au-dessus du point le plus haut du volet.



En fonction de h, on détermine la surface libre, le débit et la répartition des pressions sur les cinq volets étudiés; on en déduit les valeurs correspondantes de F, r, α et Fr.

La courbe (h, q) est rigoureusement la même pour les cinq volets. Les maxima du moment Fr correspondent à des valeurs de h, comprises entre 0,50 et 0,75 et varient de façon plus complexe que dans la première série d'expériences, comme on le voit sur la figure 5.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Notions métriques liées à l'équation de Riccati et équation de Schrödinger intervenant dans l'étude du mouvement d'un fluide visqueux.* Note (*) de M. **Gabriel Viguier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous considérons un fluide visqueux incompressible, en repos à l'instant $t=0$, sur le plan $x_1 O x_2$ et situé du côté des x_3 positifs. On applique à l'unité de masse du fluide une force constante F dirigée suivant l'axe x_1. C'est le problème de J. Boussinesq (1) repris et complété quelques années plus tard par MM. Maurice Roy (2) et Henri Villat (3). Nous savons que l'équation de continuité se réduisant à $u'_{1\,1}=0$, les équations de mouvement donnent

$$(a)\qquad \frac{\partial u_1}{\partial t}=\mathrm{F}+\nu\frac{\partial^2 u_1}{\partial x_3^2};$$

avec les conditions de repos initial et d'adhérence à la paroi.

Le double changement de fonction et de variable

$$u_1=\mathrm{F}t[1+\varphi(\xi)];\qquad \mathrm{F}\xi=x_3(\nu t)^{-\frac{1}{2}}$$

permet de passer à l'équation linéaire du second ordre

$$(b)\qquad \frac{d^2\varphi}{d\xi^2}+\frac{1}{2}\mathrm{F}^2\xi\frac{d\varphi}{d\xi}-\mathrm{F}^2\varphi=0,$$

c'est, à un facteur constant près, l'équation de Boussinesq.

Il est alors intéressant de constater que l'on peut passer immédiatement au premier ordre

$$(c)\qquad \frac{d\tau}{d\xi}+\tau^2+\frac{1}{2}\mathrm{F}^2\xi\tau-\mathrm{F}^2=0,$$

et ainsi faire intervenir la théorie des développantes généralisées associées à une courbe plane (4). Il nous est désormais possible d'aborder un problème des fluides visqueux, par exemple celui de Boussinesq, à partir de notions métriques, telles que celles de courbes à paramétrisation isométrique dont la fonction d'arc $\sigma'=-\mathrm{F}^2$, liées à une même équation de Riccati.

Si nous appliquons à l'équation (b) le double changement de fonction et de variable

$$\varphi(\xi)=\mathrm{H}(q);\qquad \xi=-2i\frac{q}{\mathrm{F}},$$

(*) Séance du 29 novembre 1948.

(1) *Comptes rendus*, 90, 1880, p. 336.

(2) *Nouvelles Annales de Math.*, juin 1925, p. 321.

(3) *Leçons sur l'hydrodynamique.*

(4) G. Viguier, *Annales Fac. Sc. Toulouse*, 39, IX, 1945.

nous obtenons l'équation du second ordre

$$(d)\qquad \frac{d^2H}{dq^2} - 2q\frac{dH}{dq} + 4H = 0.$$

Nous reconnaissons là l'équation de propagation de Schrödinger pour l'oscillateur harmonique linéaire avec la valeur propre $\lambda = 5$. La fonction $H(q)$ ainsi définie est le polynôme d'Hermite de degré 2.

Cette fonction particulière ψ de propagation de Schrödinger ne joue évidemment plus qu'un rôle mathématique et ne peut donc servir qu'à l'étude de l'équation hydrodynamique. Cette intervention mathématique de la fonction ψ a déjà été signalée, dans une étude plus générale, par M. L. de Broglie (5) qui, partant de l'équation de Schrödinger, retrouve l'équation de l'hydrodynamique classique : flux sans tourbillon sous l'action de forces conservatrices.

Reprenant l'équation (c), nous préférons la forme canonique

$$(e)\qquad X' + X^2 = \frac{F^2}{4}\left(\frac{F^2}{4}\xi^2 + 3\right),$$

qui permet de passer au second ordre

$$(f)\qquad \frac{U''_1}{U_1} = \frac{F^4}{16}\xi^2 + \frac{3F^2}{4},$$

d'où chaîne d'équations obtenue en généralisant le théorème de G. Darboux (6).

Le premier chaînon étant constitué par l'équation (f), le second élément de la chaîne de Darboux s'écrit

$$(g)\qquad \frac{U''_2}{U_2} = \frac{F^2}{16}(F^2\xi^2 + 12) + \frac{2}{\xi^2} + \frac{4F^2(F^2\xi^2 + 3)}{(F^2\xi^2 + 12)^2},$$

avec, U_1 étant la solution générale de (f),

$$U_2 = \sqrt{\frac{12}{F^2\xi^2 + 12}}\left(U'_1 - \frac{U_1}{\xi}\right).$$

Ainsi les notions d'enchaînement et de paramétrisation isométrique interviennent dans l'étude du mouvement à deux dimensions d'un fluide visqueux incompressible, ce qui vient fort heureusement confirmer les résultats obtenus à propos de l'oscillateur harmonique linéaire, du rotateur sphérique et de la vibration moléculaire quatrième puissance (7);

---

(5) *Théorie de la quantification dans la nouvelle mécanique*, 1932.

(6) *Théorie générale des surfaces*, t. 1 et 2; G. VIGUIER, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 504.

(7) G. VIGUIER, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1958; 227, 1948, p. 266.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Cas singulier du problème de Huyghens.* Note (*) de M. **Jean Brodin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Ondes régulières. — A l'*extérieur* d'une surface fermée S finie, en milieu *transparent*, une onde, vérifiant les équations de Maxwell sans second membre, sera dite régulière si elle satisfait à la *condition de rayonnement* de Sommerfeld ([1]) : provenir d'émetteurs intérieurs à une sphère finie, les vecteurs de Hertz à distance r de l'émetteur contenant en facteur $\Psi(r) = r^{-1} e^{-ikr}$ ($k > 0$), non $r^{-1} e^{ikr}$. Une onde, non nulle et régulière à l'*extérieur* de S, *rayonne de l'énergie*.

Équation intégrale du problème de Huyghens ([2]) *et équation transposée.* — P et M étant deux points de S, $\vec{n}$ unité normale extérieure, $\vec{r} = \overrightarrow{PM}$, soit $\mathcal{K}_P^M$ l'opérateur qui, à $\vec{\rho}^P$ tangent à S en P, fait correspondre le vecteur

$$(1)\qquad \mathcal{K}_P^M \vec{\rho}^P = \frac{\partial \Psi}{\partial r} \vec{n}_M \wedge \left(\frac{\vec{r}}{r} \wedge \vec{\rho}^P \right)$$

tangent à S en M; si $\vec{\tau}^M$ est tangent à S en M :

$$(2)\qquad \left(\vec{n}_M \wedge \vec{\tau}^M\right) . \mathcal{K}_P^M \vec{\rho}^P = \frac{\partial \Psi}{\partial r} \vec{\tau}_M . \left(\frac{\vec{r}}{r} \wedge \vec{\rho}^P \right) = \left(\vec{n}_P \wedge \vec{\rho}^P\right) . \mathcal{K}_M^P \vec{\tau}^M.$$

Si $\vec{\rho}$ et $\vec{\tau}$ définis en chaque point de S vérifient les équations intégrales

$$(3)\qquad \vec{\rho}^M + \frac{1}{2\pi} \iint d\mathrm{S}_P \mathcal{K}_P^M \vec{\rho}^P = \frac{c}{2\pi i \omega} \vec{n}_M \wedge \vec{\mathrm{H}}^M,$$

$$(4)\qquad \vec{\tau}^P - \frac{1}{2\pi} \iint d\mathrm{S}_M \mathcal{K}_M^P \vec{\tau}^M = \frac{c}{2\pi i \omega} \vec{n}_P \wedge \vec{\varepsilon}^P,$$

multipliant scalairement (3) par $n_M \wedge \tau^M$ et (4) par $n_P \wedge \rho^P$ et intégrant

$$(5)\qquad \iint \vec{\tau}^M . \vec{\mathrm{H}}^M \, d\mathrm{S}_M + \iint \vec{\rho}^P . \vec{\varepsilon}^P \, d\mathrm{S}_P = 0.$$

Si l'équation (4) homogène, c'est-à-dire où $\varepsilon = 0$, n'est satisfaite que pour $\tau = 0$, elle aura, *quel que soit le second membre*, une solution $\vec{\tau}$ ([3]). Si (3) homogène est vérifiée par une couche non nulle $\vec{\rho}_1$, (5) devient, puisque $\mathrm{H} = 0$, une condition *nécessaire* imposée à $\vec{\varepsilon}^P$ pour que (4) soit possible; alors (4) homogène a des solutions non nulles.

(*) Séance du 27 mars 1950.

([1]) ([5]) Baker et Copson, *The mathematical theory of Huygens' principle*, Oxford, 1939, p. 28; p. 102 sq.

([2]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1064.

Cas où l'équation (4) *homogène a des solutions non nulles.* — Ces solutions forment un espace vectoriel à h dimensions; supposons h fini; soit $\vec{\tau}_1, \ldots, \vec{\tau}_k, \ldots, \vec{\tau}_h$ une base complète ([4]). Soit $\vec{H}^M_{tk} e^{i\omega t}$ la composante tangente à S du champ magnétique produit en M par une couche de dipôles magnétiques $\vec{\tau}_k dS e^{i\omega t}$ distribués sur chaque élément dS.

$$a. \quad (6) \qquad \iint \vec{H}^M_{tk}.\vec{\tau}^M_k \, dS^M \neq 0,$$

sinon, la puissance émise par la couche τ_k serait nulle : l'onde extérieure nulle; le champ électrique intérieur ε normal à S(4) : pas de discontinuité du champ électrique tangentiel, donc ([5]) $\tau_k = 0$.

b. $\vec{H}^M_{t1}, \ldots, \vec{H}^M_{th}$ sont linéairement indépendants : car si leur somme était nulle, la somme des couches τ_k émettrait une puissance nulle.

c. Le déterminant $|D^\alpha_k|$ de terme général $D^\alpha_k = \iint \vec{H}^M_{t\alpha}.\vec{\tau}^M_k \, dS_M$ n'est pas nul; car s'il existait des constantes λ_k telles que $\Sigma_k \lambda_k D^\alpha_k = 0$ quel que soit α, la couche $\Sigma_k \lambda_k \tau_k$ émettrait une puissance nulle.

d. La couche de dipôles électriques $\vec{\rho}_k dS\, e^{i\omega t}$ où

$$(7) \qquad \vec{\rho}_k = -\frac{c}{4\pi i\omega} \vec{n} \wedge \vec{H}_{tk}; \qquad \vec{H}_{tk} = \frac{4\pi i\omega}{c} \vec{n} \wedge \vec{\rho}_k,$$

produit à l'extérieur de S *une onde nulle, à l'intérieur la même onde que la couche de dipôles magnétiques* τ_k ([5]).

e. Équations intégrales non singulières

$$(8) \qquad \vec{\tau}^P - \frac{1}{2\pi} \iint dS_M \left\{ \mathcal{K}^P_M \vec{\tau}^M - 2\pi \sum_{k=1}^{h} \left(\vec{H}^M_{tk}.\vec{\tau}^M\right) \vec{\tau}^P_k \right\} = \vec{\theta}^P,$$

si $\theta^P = 0$, n'est satisfaite que pour $\tau = 0$. Car $\vec{\rho}_\alpha(7)$ vérifiant (3) homogène, elle entraîne [*cf.* ([6])] :

$$0^\alpha_c = \iint dS_P \left(\vec{n}_P \wedge \vec{\rho}^P_\alpha\right). \iint dS_M \sum_k \left(\vec{H}^M_{tk}.\vec{\tau}^M\right) \vec{\tau}^P_k = \frac{c}{4\pi i\omega} \sum_k D^\alpha_k \iint \vec{H}^M_{tk}.\vec{\tau}^M \, dS_M,$$

$$\text{Dét}\,|D^\alpha_k| \neq 0, \qquad \text{entraîne} \quad \iint \vec{H}^M_{tk}.\vec{\tau}^M \, dS_M = 0,$$

(8) se réduit à (4) homogène, $\vec{\tau}$ est combinaison linéaire des τ_k mais sa puissance est nulle.

$$(9) \qquad \vec{\rho}^M + \frac{1}{2\pi} \iint dS_P \left\{ \mathcal{K}^M_P \vec{\rho}^P + 2\pi \sum_{k=1}^{h} \left[\left(\vec{n}_P \wedge \vec{\tau}^P_k\right).\vec{\rho}^P\right] \vec{n}_M \wedge \vec{H}^M_{tk} \right\} = \vec{\zeta}_M$$

([3]) ([4]) ([6]) LICHNEROWICZ, *Algèbre et analyse linéaire*, Paris, 1947, p. 292; 9; 296.

est transposée de (8), car (8) et (9) entraînent

$$\iint (\vec{n}^{M} \wedge \vec{\tau}^{M}).\vec{\zeta}_{M}\, dS_{M} + \iint (\vec{n}_{P} \wedge \vec{\rho}^{P}).\vec{\theta}^{P}\, dS_{P} = 0.$$

f. $\vec{\rho}_1, \ldots, \vec{\rho}_h$ *est une base complète des solutions de l'équation* (3) *homogène.* Car toute couche $\vec{\rho}$ s'écrit $\alpha_1 \vec{\rho}_1 + \ldots + \alpha_h \vec{\rho}_h + \vec{\rho}_0$ où $\iint (\vec{n}_P \wedge \vec{\tau}^{P}_{k}).\vec{\rho}^{P}_{0}\, dS_P = 0$; pour la recherche de $\overleftarrow{\rho}_0$, (3) équivaut à (9); si $\zeta = 0$, $\rho_0 = 0$.

ÉLECTRONIQUE. — *Étude des décharges condensées dans les gaz. Méthode oscillographique.* Note (*) de MM. **Michel Cloupeau** et **Roger Legros**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les décharges condensées à travers les gaz rares et en particulier à travers le xénon, ont donné lieu à de nombreuses études [1]. Une question importante est celle de la variation en fonction du temps du rayonnement émis par le tube dans d'étroits intervalles de longueur d'onde, soit $E(t, \lambda)$.

Une étude a été faite par la méthode du miroir tournant en impressionnant une plaque photographique par le rayonnement global émis par le tube. Elle a permis d'avoir une idée de la durée des phénomènes que nous allions étudier : Soit D la densité photographique au-dessus du voile de fond, D_M sa valeur maxima dans la plage impressionnée par l'éclair. Soient t_1, t_2 et t_3 les instants où la densité D a pour valeurs $0{,}1\,D_M$, $0{,}9\,D_M$ et $0{,}1\,D_M$, t_1 et t_2 étant pris dans la partie ascendante de la courbe $D(t)$ et t_3 dans sa partie descendante.

On définit la *durée photographique* T par $T = t_3 - t_1$ et la *période de croissance* τ par $\tau = t_2 - t_1$; T est variable de quelques microsecondes à quelques dizaines de microsecondes, τ est de l'ordre de T/10.

Cette méthode, par contre, ne permet pas, par manque de sensibilité des plaques, d'étudier la fonction $E(t, \lambda)$. Il nous a semblé que la meilleure méthode pour résoudre ce problème est d'utiliser un dispositif purement électronique comprenant une cellule photoélectrique associée à un oscillographe cathodique.

Certains auteurs ont récemment utilisé cette dernière méthode, mais à notre connaissance du moins, uniquement pour l'étude de l'effet visuel global des éclairs.

Oscillographe cathodique. — L'oscillographe doit permettre de photographier la courbe correspondant à un seul éclair. Nous avons employé l'oscillographe Ribet-Desjardins type 262 A utilisant le tube SFR type OE 411 à post-accélération, dont la sensibilité est de 0,4 mm/V. Le gain de l'amplificateur incor-

---

(*) Séance du 20 mars 1950.

(1) *Voir* bibliographie dans : Marcel Laporte, *Les lampes à éclairs lumière blanche et leurs applications*, Paris, 1949.

poré dans cet oscillographe est de 400 pour une bande passante de 7 MHz. C'est-à-dire que, si l'on désire sur l'écran une courbe dont l'ordonnée maximum soit de 20^{mm}, il faut appliquer à l'entrée de l'amplificateur une tension de $20/0,4 \times 400 = 0,125$ V.

Cellule photoélectrique. — Cette tension d'environ 0,1 V doit apparaître aux bornes de la résistance de charge R_c de la cellule. Cette résistance est shuntée par diverses capacités dont la somme C est d'environ 80 pf. La constante de temps (C.Rc) doit être nettement inférieure au temps τ. En prenant arbitrairement $C.Rc = 0,05$ μs, on obtient $Rc = 625$ ohms. Nous avons adopté 500 ohms. Le courant photoélectrique correspondant au maximum de la courbe d'enregistrement doit être de $0,1/500 = 200$ μA. Les courants maxima tolérés par les cellules ordinaires étant dans leurs conditions habituelles de fonctionnement de quelques microampères seulement nous avons utilisé une cellule photomultiplicatrice dont le courant peut atteindre et même dépasser 200 μA en fonctionnement normal. La cellule utilisée nous a été prêtée par M. Lallemand. Cette cellule est sensible à l'ultraviolet et à une partie du visible. Nous avons également employé une cellule du même type (Grammont A67) sensible au visible et au proche infrarouge. Nous avons vérifié que le courant photoélectrique reste proportionnel au flux lumineux jusqu'à 250 μA au moins. Il en résulte que si l'on éclaire la cathode de la cellule par une radiation monochrome, la courbe observée sur l'écran du tube cathodique reproduira fidèlement la variation de l'énergie reçue par la cellule à condition seulement que l'ordonnée maximum de la courbe n'excède pas 20 mm.

Dispositif et résultats expérimentaux. — Le dispositif de production des éclairs est celui qui est décrit dans *Les lampes à éclair lumière blanche* (*fig.* 7) (déjà cité). Le dispositif de mesures comprend la cellule photoélectrique, son alimentation stabilisée, l'oscillographe cathodique et son amplificateur et enfin un dispositif électronique de déclenchement des éclairs.

Nous avons constaté que de grandes précautions doivent être prises pour éviter sur le circuit de mesures, dans lequel le courant n'atteint pas 1 mA, les inductions parasites dues au circuit de décharge parcouru pendant l'éclair par un courant qui peut dépasser 1 000 A. 1° Tous les éléments des deux circuits doivent être enfermés dans des boîtes métalliques reliées au sol. 2° Le circuit de décharge réagissant sur le circuit de mesures par l'intermédiaire des fils du secteur, il s'est montré nécessaire de disposer des filtres sur les arrivées de courant des alimentations de la cellule, de l'oscillographe et du dispositif de production des éclairs.

En ce qui concerne les résultats expérimentaux obtenus : 1° Nous avons constaté que la durée du phénomène observé et son allure générale sont analogues à celles obtenues par la méthode du miroir tournant.

2° Nous avons constaté que la sensibilité du dispositif est suffisante pour per-

mettre l'étude du rayonnement émis dans d'étroits intervalles de longueur d'onde. 3° L'interprétation des courbes observées nécessite la connaissance des caractéristiques électriques de la décharge, ce qui nous a conduits à étudier la variation du courant des décharges en fonction du temps. Nous nous proposons de relever également la variation de tension aux bornes du tube, nous pourrons ainsi obtenir la caractéristique de fonctionnement du tube pendant l'éclair. Des résultats plus détaillés seront publiés ultérieurement.

OPTIQUE. — *Méthode graphique de détermination simultanée des constantes optiques et de l'épaisseur des couches métalliques minces.* Note de M. **Damien Male**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le problème de la détermination *simultanée* des constantes optiques et de l'épaisseur d'une couche mince à partir des résultats des mesures de ses facteurs de réflexion et de transmission en incidence normale n'a pas été abordé jusqu'à présent à ma connaissance.

La plupart des auteurs se contentent de repérer l'épaisseur d'une manière indirecte en pesant le dépôt et en supposant que ce dernier a une densité constante et égale à celle du métal massif. Or cette dernière hypothèse n'est sûrement pas conforme à la réalité et elle conduit à des erreurs importantes sur les valeurs des constantes optiques.

Pour résoudre le problème posé on trace systématiquement, au moyen de méthodes graphiques déjà exposées [1], [2], les courbes donnant, pour différentes valeurs possibles de l'indice de réfraction ν et de l'indice d'absorption χ, les variations du facteur de réflexion air/métal R, du facteur de réflexion verre/métal R′ et du facteur de transmission T en fonction de la quantité $\delta = 4\pi\nu d/\lambda$ (d : épaisseur de la couche; λ : longueur d'onde dans le vide de la radiation considérée).

Partant de la valeur expérimentale de T, par exemple, on détermine, pour les diverses valeurs de ν et de χ, les valeurs R, R′ et δ qui devraient théoriquement lui correspondre. On trace ensuite, en fonction de ν pour différentes valeurs de χ, et en fonction de χ pour différentes valeurs de ν, les réseaux de courbes donnant les variations de R. On détermine sur ce graphique les valeurs de ν et de χ qui donnent un facteur de réflexion égal à la valeur trouvée expérimentalement. On obtient ainsi des couples de valeurs possibles pour ν et χ correspondant à une valeur donnée du facteur de transmission. Cela permet de tracer la courbe reliant les valeurs de ν et de χ convenables. On fait la même opération pour R′ et pour R — R′. On obtient deux autres courbes. Le

(1) D. Male, *Journal de Physique*, 8, 1945, n° 6, p. 405.

(2) P. Cotton, *Journal de Physique*, 8, 1945, n° 6, p. 405 et *Annales de Physique*, **12**, 1947, p. 209.

point d'intersection des trois courbes fournit le couple de valeurs ν, χ satisfaisant à la fois à T, R et R'.

Pour avoir l'épaisseur, on trace, en fonction de ν pour différentes valeurs de χ, et en fonction de χ pour différentes valeurs de ν, les réseaux de courbes donnant les variations de δ. Par interpolation simple on trouve la valeur convenable de δ, on en déduit d et le facteur de remplissage q.

Les courbes utilisées ont été tracées en prenant l'indice du support égal à 1,52. Cet indice est celui du crown pour les radiations visibles et sensiblement celui du quartz pour le proche ultraviolet.

Par la méthode exposée ci-dessus j'ai déterminé ν, χ et q pour des couches d'argent et d'or déposées sur du quartz par pulvérisation cathodique pour la radiation 2653 Å à partir des résultats expérimentaux obtenus par Goos (³). Les résultats sont donnés dans les tableaux suivants. Les dernières colonnes donnent les résultats antérieurs de Goos pour l'or et de Murmann (⁴) pour l'argent; les résultats de Murmann étant déduits des mesures de Goos.

Or : $\lambda = 2653$ Å.

d repéré (en mμ).	ν.	χ.	q.	Goos. ν.	Goos. χ.
1,04.....	1,1	0,5	0,2	1,6	1,8
3,60.....	1,1	0,5	0,2	1,9	1,6
4,55.....	1	0,6	0,2	2,0	1,6
7,04.....	1,5	1,4	0,74	1,7	1,8
10,6......	1,5	1,4	0,75	1,9	1,6
15,9......	1,3	1,55	0,77	1,9	1,6
21,2......	1,23	1,6	0,86	1,6	1,7
26,5......	1,1	1,51	0,82	1,4	1,8
42,4......	1,1	1,52	0,76	1,5	1,8
53,0......	1	1,4	0,89	1,4	1,7
108........	1,15	1,55	–	–	–

Argent : $\lambda = 2653$ Å.

d repéré (en mμ).	ν.	χ.	q.	Murmann. ν.	Murmann. χ.
0,81.....	1,1	0,5	0,2	–	–
1,53.....	1,1	0,5	0,24	–	–
2,51.....	1,1	0,5	0,23	–	–
3,60.....	1,17	0,6	0,28	–	–
8,4......	1,2	0,9	0,50	1,8	0,9
12,0......	1,35	1,15	0,70	1,7	1,1
17,5......	1,45	1,2	0,76	1,6	1,2
21,9......	1,3	1,25	0,86	1,7	1,0
29,4......	1,2	1,25	0,85	1,5	1,3
45,6......	1,1	1,2	0,76	–	–
69,6......	1,1	1,2	0,78	–	–
110,3......	1,04	1,06	–	–	–
142........	0,95	1	–	–	–

Les résultats des mesures dans le visible faites par Goos et aussi par Krautkrämer (⁵) n'ont pu être utilisés car l'indice du quartz dans le visible est trop différent de 1,52. Cette différence d'indice introduirait une erreur systématique qui fausserait complètement les déterminations. Cependant ni Goos, ni Murmann, ni Krautkrämer n'ont remarqué que, pour les radiations visibles, les courbes expérimentales, donnant, en fonction de l'épaisseur, la variation du facteur de tranmission, présentent une ondulation et que par

(³) *Zeits. für Physik*, **100**, 1936, p. 95 et **106**, 1937, p. 606.
(⁴) *Zeits. für Physik*, **101**, 1936, p. 643.
(⁵) *Ann. der Physik.*, **32**, 1938, p. 567.

suite, nécessairement, le rapport $\chi/\nu = k$ doit être plus petit que l'unité pour les faibles épaisseurs. Ceci est d'ailleurs conforme à ce que j'ai prévu théoriquement ([6]) : quand l'épaisseur diminue, ν et χ passent par un maximum, puis ν tend vers 1 et χ tend vers zéro. L'erreur des auteurs cités ci-dessus provient du fait que la méthode graphique donne deux couples de valeurs pour les indices, l'un correspondant à $k < 1$ et l'autre à $k > 1$. Or ils ont tous choisi : $k > 1$ dans le visible, c'est-à-dire la mauvaise solution. En effet, pour $k > 1$ la courbe donnant les variations du facteur de transmission en fonction de l'épaisseur ne peut pas présenter de maximum, ni de minimum.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la possibilité de faire disparaître les électrons parasites enregistrés par une émulsion nucléaire sans détruire sa sensibilité.* Note (*) de Mlle **Georgette Albouy**, présentée par M. Frédéric Joliot.

En soumettant pendant 75 heures une émulsion Ilford type G_5 à l'action de la vapeur d'eau saturante à la température de 50° C, il est possible de détruire complètement l'image latente due à des électrons, tout en conservant à l'émulsion sa sensibilité initiale.

De récents perfectionnements dans la technique des émulsions photographiques permettent actuellement l'enregistrement de traces de particules de très faible pouvoir ionisant ([1]). Ces émulsions d'un intérêt considérable pour l'étude des phénomènes nucléaires présentent cependant un inconvénient notable. En effet le développement d'une plaque vierge, quelques jours après sa fabrication, révèle la présence de nombreux électrons *de fond* dus principalement au rayonnement cosmique et à la radioactivité de l'atmosphère ambiante; le nombre de ces traces augmente rapidement avec le temps, quelles que soient les conditions de conservation utilisées.

Il est par suite très difficile et souvent pratiquement impossible d'utiliser ces émulsions pour l'étude individuelle et la localisation d'électrons dont on ne connaît pas l'origine par avance. Nous avons donc cherché un procédé qui permette de débarrasser les émulsions des traces parasites enregistrées avant le début d'une expérience, de manière à ce que l'expérimentateur puisse être sûr que chaque électron observé a été réellement émis pendant la durée de son expérience.

Pour cela, nous avons essayé d'appliquer les méthodes d'effacement accéléré déjà utilisées par nous ([2]) pour les émulsions nucléaires ordinaires. Nous

([6]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 286.

(*) Séance du 27 mars 1950.

([1]) R. W. Berrimann, *Nature*, **161**, 1948, p. 432.

([2]) G. Albouy et H. Faraggi, *Journ. Phys. Rad.*, **10**, 1949, p. 105.

avons alors constaté que l'image latente des émulsions Ilford Nuclear Reseach, type G_5, était beaucoup plus stable que celle des émulsions ordinaires, type C_2, E_1, etc. L'effacement, à la température ordinaire, nécessite des oxydants assez énergiques (acide chromique, eau oxygénée) et une action prolongée. De plus, on constate alors que les émulsions ainsi traitées restent sensibles aux particules α et aux protons, mais ne sont plus aptes à enregistrer les traces individuelles d'électrons, même s'ils sont de très faible énergie. L'effacement semble avoir modifié profondément la sensibilité initiale de l'émulsion.

Nous avons alors tenté l'action combinée de la vapeur d'eau saturante et de la température. Des plaques Ilford G_5 ont été exposées en étuve, à 50°C, dans une atmosphère saturante de vapeur d'eau et pendant des temps croissants. Après refroidissement une plaque était exposée, soit au rayonnement γ du mésothorium, soit aux rayons β de ^{35}S. Une plaque non traitée, une plaque effacée sans réimpression, et une plaque réimpressionnée étant ensuite développées dans les mêmes conditions. Les résultats obtenus sont les suivants :

Temps d'effacement en heures.......	0	9 à 15	24 à 48	62	71 à 95	112
Aspect des traces..	nettes	peu effacées	presque effacées	très rares fins de traces	pas de traces	voile
Réimpression......	Traces nettes d'électrons					voile

On peut voir que dans les conditions indiquées il est possible d'obtenir l'effacement des électrons de fond au bout de 3 ou 4 jours; l'émulsion reste alors capable d'enregistrer de nouvelles traces d'électrons sans réduction apparente de sensibilité. Il y a une légère augmentation du voile, mais celui-ci étant formé de grains isolés, ne constitue nullement une gêne pour l'observation des traces. Un séjour trop prolongé dans l'étuve finit par provoquer un voile général. Il est intéressant de noter que les plaques Ilford C_2, placées dans les mêmes conditions, se voilent complètement en 24 heures. Il y a donc une différence assez nette de comportement entre ces deux types d'émulsions.

Il est possible que la conservation de la sensibilité des émulsions traitées comme il est indiqué ici soit due à l'influence de la température. L'effacement de l'image latente est dû à la fois à l'oxydation et à une dispersion par agitation thermique; de nouveaux centres de sensibilité peuvent se reformer simultanément pendant ce traitement équivalent en quelque sorte à une maturation. L'émulsion conserve alors sa sensibilité. L'action des oxydants à la température ordinaire détruit les germes de l'image latente et les centres de sensibilité, il serait peut-être possible, en faisant suivre l'action de l'acide chromique ou de l'eau oxygénée d'une maturation nouvelle, de restituer à l'émulsion ses qualités primitives, en formant de nouveaux centres de sensibilité. Des expériences sont en cours à ce sujet.

La possibilité de disposer d'émulsions sensibles aux traces individuelles

d'électrons, ne comportant pas de traces parasites, permettra sans doute d'étendre aux radioéléments artificiels les techniques d'autoradiographie utilisées avec profit pour les émetteurs α (3); on peut espérer observer des localisations de radioéléments dans des coupes histologiques ou dans des alliages métalliques, par l'observation individuelle de chaque électron, avec une précision supérieure à celle des méthodes utilisées jusqu'à présent.

MACROMOLÉCULES. — *Sur le mode de comportement des chaînes de polystyrols dans divers solvants.* Note (*) de M. **Georges Vallet**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On compare les données structurales tirées des mesures de viscosité intrinsèque du coefficient de diffusion de translation d'un polystyrol en solution dans le toluène, la cyclohexanone, la méthylisopropylcétone, en utilisant les différentes théories proposées par divers auteurs.

Divers auteurs ont proposé de calculer la viscosité intrinsèque $[\eta]$ et le coefficient de diffusion de translation Δ d'une chaîne moléculaire pelotonnée en admettant qu'en moyenne, elle est comparable à une sphère de rayon R.

Pour les uns (1), cette sphère se comporte hydrodynamiquement comme si elle était imperméable au solvant, du moins en première approximation.

Pour les autres (2), cette approximation n'est pas suffisante dans la plupart des cas, et l'on doit introduire un paramètre tenant compte de l'écoulement du solvant, considéré comme un fluide continu, à travers la sphère.

Nous comparons ici les conclusions obtenues dans l'un et l'autre cas aux données expérimentales relatives à un polystyrol de masse $M = 130\,000$ en solution dans le toluène, la cyclohexanone et la méthylisopropylcétone (3). Les viscosités sont mesurées au viscosimètre d'Ubbelohde (4), les coefficients de diffusion de translation par la méthode de Lamm (5). Toutes les mesures sont faites à 20°. Les résultats figurent dans le tableau I.

1° On considère l'expression $([\eta]_1 M)^{1/3}\Delta_1/([\eta]_2 M)^{1/3}\Delta_2$ où les indices 1 et 2 correspondent à deux solvants différents. On trouve qu'elle est égale au produit $\eta_2/\eta_1 \times \Theta$ du rapport des viscosités absolues η_1 et η_2 des solvants par un facteur Θ qui est égal à l'unité si la perméabilité de la pelote est la même dans

(3) L.-F. Berlanger et C.-P. Leblond, *Endocrinology*, 39, 1946, p. 8.

(*) Séance du 6 mars 1950.

(1) Ch. Sadron, *J. polym. Sci.*, 3, 6, 1948, p. 812-827.

(2) Debye et Bueche, *J. Chem. Phys.*, 6, 116, 1948, p. 573; Kirkwood et Riesemann, *J. Chem. Phys.*, 6, 116, 1948, p. 565; Brinkmann, *Physica*, 13, 1947, p. 447.

(3) Les mesures dans la M. I. C. sont empruntées aux travaux d'Hengstenberg et Schulz.

(4) K. H. Meyer et A. Van der Wjick, *J. Chim Phys.*, 32, 1935, p. 549-563.

(5) *Diss. Upsala*, 1937.

les deux solvants (y compris celui où elle est nulle). D'après les données du tableau I on trouve pour Θ les valeurs 1,02 (toluène, M. I. C.); 1,03 (toluène cyclohexanone); 0,97 (cyclohexanone M. I. C.). Θ étant, aux erreurs expérimentales près, égal à l'unité dans les trois cas, la perméabilité de la pelote est sensiblement la même dans les trois solvants. Si l'on admet qu'elle est nulle, on peut calculer les rayons $R_{[\eta]}$ et R_{Δ} de la pelote à partir des valeurs expérimentales de $[\eta]$ ou de Δ (tableau I) en appliquant les lois d'Einstein et de Stokes. On constate entre ces valeurs une concordance qui montre, compte tenu de la polydispersité du produit, que l'hypothèse de l'imperméabilité est grossièrement valable. R_{Δ} est cependant systématiquement inférieur à $R_{[\eta]}$.

2° Si l'on admet cependant un effet de perméabilité, la valeur commune $\Theta = 1$ impose d'après la théorie de Debye et Bueche que la valeur de l'exposant α dans la loi $[\eta] = KM^{\alpha}$ soit pratiquement la même dans les trois cas, ce que l'expérience ne vérifie pas (tableau I, colonnes 6 et 7).

Solvants.	$[\eta]$ (cm³/g).	$\Delta . 10^7$ (cm²/sec⁻¹).	η Solvants (centi-poises).	$R_{[\eta]}$ Å.	R_0 Å.	α obs.	α calc.
Toluène.	118	3,0	0,596	135	119	0,95	0,89
Cyclohexanone.	100	0,89	2,235	127	107	0,88	0,93
Méthylisopropylcétone (M. I. C).	54	4,85	0,482	104	89	0,75	0,90

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la transformation du cobalt.*

Note (*) de M. **Max Sage**, présentée par M. Albert Portevin.

Vérification directe au moyen de diagrammes de rayons X du mécanisme de la transformation allotropique du cobalt : glissement des plans (111) de la phase cubique donnant naissance aux plans (0001) de la phase hexagonale.

A la suite de nos recherches sur le cobalt, nous avons examiné par les rayons X certains échantillons de cobalt, fournis par M. Planiol et étudiés par ailleurs au point de vue magnétique par M. Ch. Guillaud.

Ces échantillons ont été obtenus en réduisant par l'hydrogène de l'oxyde de cobalt très pur, à haute température.

A la fin de la solidification, un peu de métal est projeté vers le haut du creuset sur les parties les plus froides, où on le recueille sous forme de petites sphères solides. Celles-ci présentent des particularités remarquables.

Les diagrammes de rayons X, dont une partie seulement est reproduite ci-contre, ont été faits dans les conditions suivantes : chambre circulaire, échantillon en rotation sur lui-même, rayonnement du fer filtré par un écran de manganèse.

(*) Séance du 27 mars 1950.

Ce diagramme permet de constater les faits suivants :

1. L'échantillon est un mélange des deux variétés allotropiques du cobalt, cubique et hexagonale et la perfection des cristallites est telle que l'on distingue séparément les raies (222) cubique et (0004) hexagonale, et que toutes les raies sont fines.

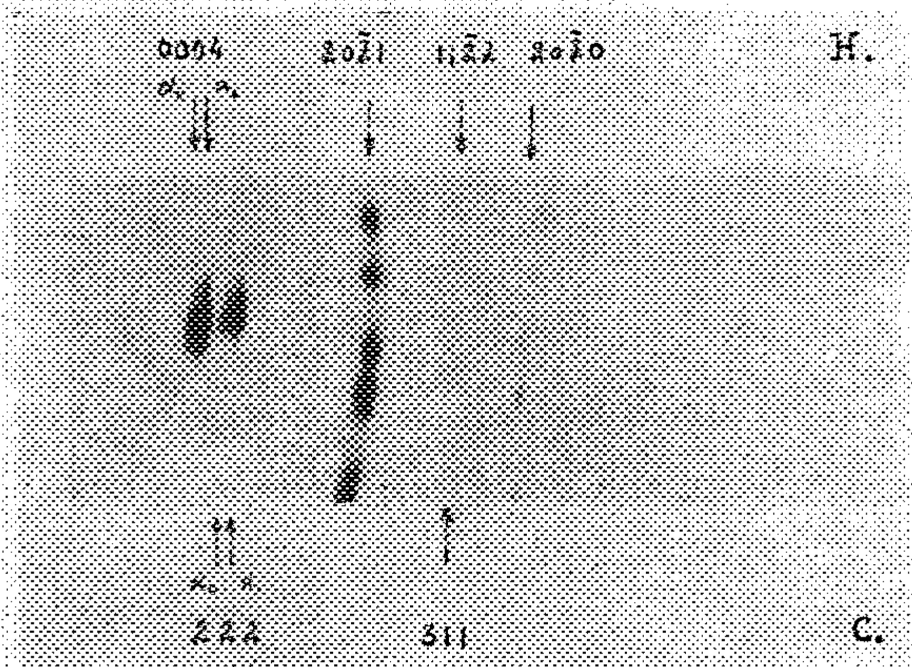


Fig. 1.

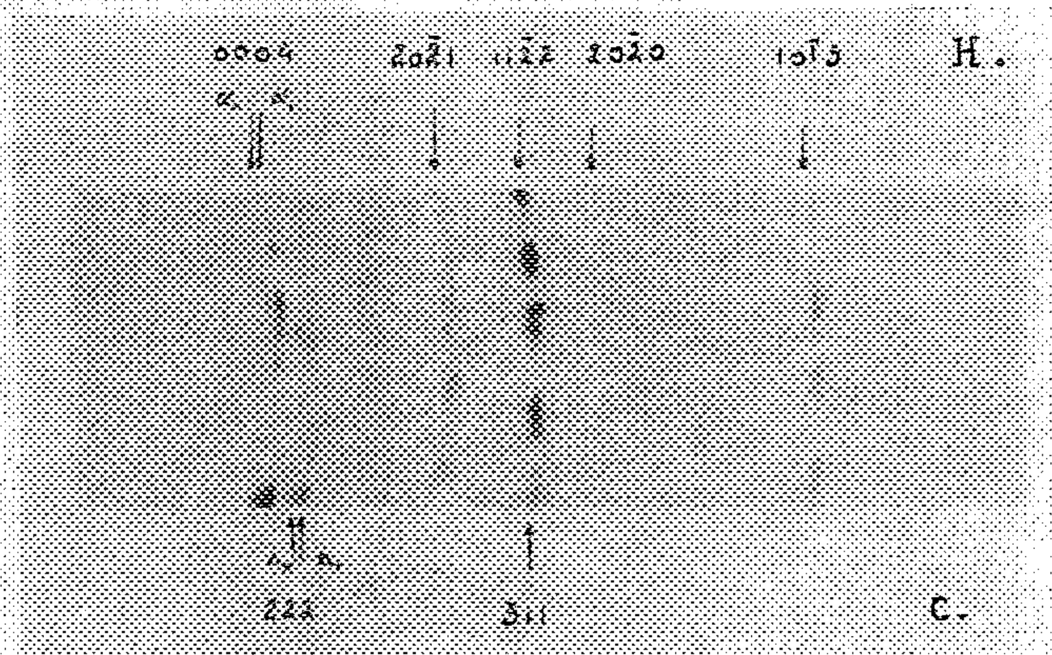


Fig. 2.

2. Les grains cristallins de l'une comme de l'autre phase, sont très gros comme le prouve l'existence de taches isolées au lieu de raies continues.

3. On peut associer à chaque grain de la phase cubique un grain de la phase hexagonale tel que la direction du plan (111) du premier soit parallèle à la direction du plan (0001) du second. C'est ce que prouve par quelques considérations géométriques simples la disposition des taches situées sur les raies (0004) et (222).

Ces constatations appellent les remarques suivantes :

1° Les difficultés que l'on rencontre lorsqu'on veut obtenir de gros cristaux de cobalt cubique n'avaient pas permis de vérifier directement le mécanisme universellement admis maintenant [1] des glissements des plans (111) donnant naissance aux plans (0002) de la nouvelle phase.

Nos diagrammes constituent une preuve directe de ce mécanisme dans le cas du cobalt.

2° On sait que la transformation du cobalt est du type martensitique et que dans les cas les plus favorables la température de fin de transformation M_f se situe aux environs de 300° [2].

Cette température peut être notablement abaissée par certains facteurs dont les principaux sont les suivants : impuretés chimiques, telles que C, H, etc.; finesse du grain; état de division poussé; trempe; distorsion du réseau cristallin.

Dans le cas qui nous occupe, le point de transformation est rejeté au-dessous de la température ambiante.

On ne peut attribuer ce fait, ni à la trempe puisque le refroidissement de l'échantillon a été lent, ni à la finesse du grain puisque nous avons ici affaire à un grain grossier, ni à l'état de division puisque notre échantillon était massif, ni à la distorsion du réseau, comme le montre le diagramme de rayons X; reste l'action de l'hydrogène que, étant donné le mode de préparation de ce cobalt, l'on peut raisonnablement admettre, en attendant qu'une vérification expérimentale soit possible.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réaction rubrénique à partir de corps naphtaléniques.* Note (*) de M. DANIEL BERTIN, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans une Note précédente [1] on avait décrit les trois rubrènes isomères (I), (II) et (III) que prévoit la théorie dans la réaction rubrénique effectuée à partir du chlorure de phényl (α-naphtyl) (phényléthynyl) méthyle ($C_{25}H_{17}Cl$) (IV). Ces trois structures avaient été réparties d'après les positions des spectres d'absorption, en admettant que le spectre de (I) devait avoir la position

---

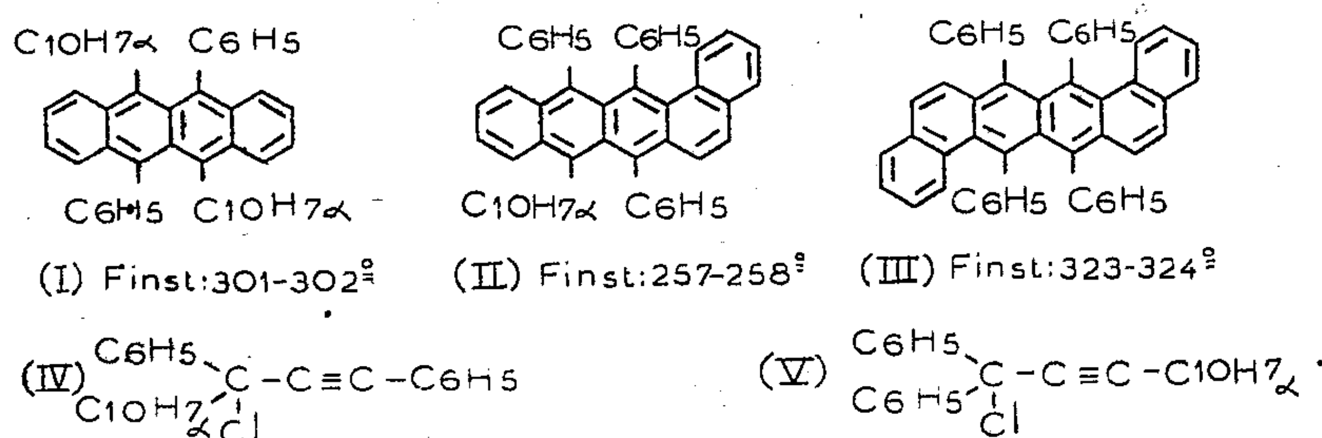
(1) *Voir* par exemple un aperçu de ce mécanisme dans M. SAGE et CH. GUILLAUD, *Revue de Métallurgie*, 47, 1950, p. 139.

(2) O.-S. EDWARDS et H. LIPSON, *J. Institute of Metals*, 69, 1943, p. 177.

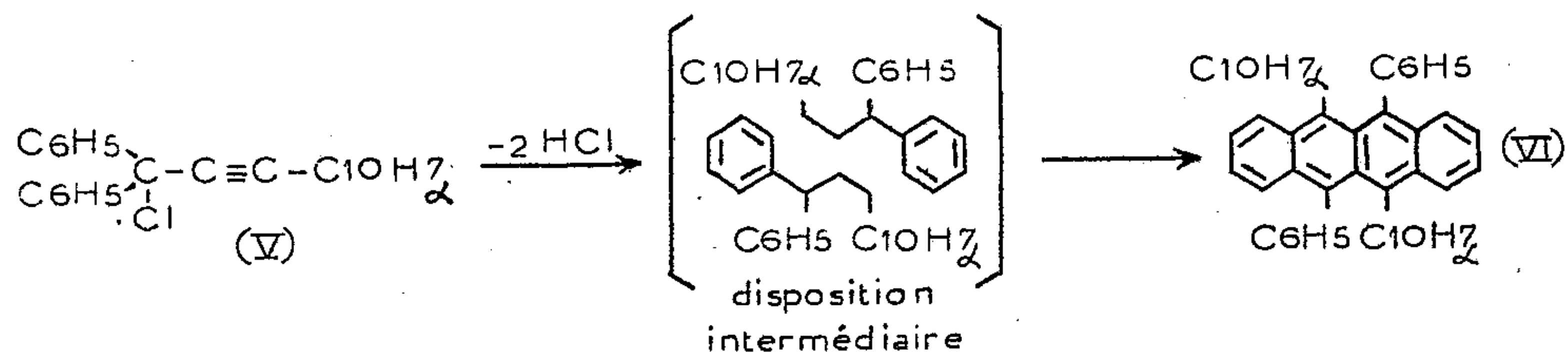
(*) Séance du 27 mars 1950.

(1) CH. DUFRAISSE, J. ROBIN et D. BERTIN, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 5.

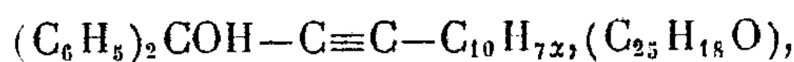
ordinaire de ceux des rubrènes tétra-arylés, et compte tenu de l'effet hypsochrome des annellations angulaires.



En vue de contrôler ces conclusions, j'ai fait la réaction rubrénique sur un corps qui devait donner d'une manière certaine un rubrène unique, lui-même répondant sûrement à la formule (I), ce qui fixait alors *ipso facto* les deux autres constitutions. Pour faire un tel rubrène il suffit de permuter dans le chlorure précédemment utilisé (IV) le naphtyle de gauche avec le phényle de droite, c'est-à-dire d'utiliser au lieu du chlorure (IV), le chlorure de diphényl (α-naphtyléthynyl) méthyle ($C_{25}H_{17}Cl$) (V). A partir de ce corps, la cyclisation avec doublement, qui se fait sur l'un des phényles géminés, ne peut affecter qu'une seule forme ([2]), celle du schéma (V) à (VI).



On prépare d'abord le diphényl (α-naphtyléthynyl) carbinol



$$(C_6H_5)_2COH-C\equiv C-C_{10}H_{7\alpha}, (C_{25}H_{18}O),$$

par condensation du dérivé lithiné de l'α-naphtylacétylène ([3]) sur le benzophénone. Le produit résultant se présente sous la forme d'une résine qu'il n'a pas été possible de faire cristalliser. Le chlorure (V) se fait par action à froid d'une solution de PCl_3 dans l'éther de pétrole (É 30-40°) sur le carbinol brut. A l'inverse de ce qui a été observé dans d'autres séries, le carbinol incristallisable donne un ester chlorhydrique cristallisé : ce chlorure fond sans décomposition à 103-104°. Le carbinol, traité selon la méthode de Willemart ([4]) par

([2]) CH. DUFRAISSE, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 3, 1936, p. 1857.

([3]) D. BERTIN, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 660.

([4]) *Annales de Chimie*, (10), 12, 1929, p. 366 et p. 383.

l'alcool contenant 10 % de SO_4H_2 concentré, donne le (α-naphtoyl)-1 gémdiphényl-2 éthylène, $(C_6H_5)_2C{=}CH{-}CO{-}C_{10}H_{7\alpha}$, $(C_{25}H_{18}O)$, qui cristallise dans l'alcool en aiguilles jaune pâle (F_{inst} 109-110°); le chlorure (V) traité par l'alcool seul conduit à la même cétone.

La réaction rubrénique se fait par chauffage lent de 140 à 215° du chlorure (V) avec une trace de quinoléine et fournit le rubrène attendu (VI). Cet hydrocarbure se montre identique par tous ses caractères à l'hydrocarbure (I) obtenu par l'autre réaction [1] : couleur, fluorescence en solution, fusion instantanée à 301-302° (bloc d'or) des produits seuls ou de leur mélange, spectre d'absorption.

Ainsi se trouve confirmée l'exactitude des structures attribuées aux trois rubrènes antérieurement décrits.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches d'analogues structuraux de la chloromycétine. III. Sur la paranitro-phénylsérine.* Note de Mlle **Denise Billet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans une Note précédente nous avons montré comment l'action antibiotique de la β-phénylsérine pouvait se rapporter à sa configuration stérique en tant que dérivé *thréo* [1] et [2] qui permet de la considérer comme un analogue structural de la chloromycétine.

Afin de nous rapprocher de la constitution de celle-ci, nous avons préparé la *p*-nitro-phénylsérine, par la méthode décrite par Rosenmund et Dornsaft [3] et appliquée par Dalgliesh [4] à la *p*-nitrobenzaldéhyde. Cette méthode consiste à condenser cet aldéhyde avec le glycocollate d'éthyle (I) en présence de sodium, en milieu éthéré. Il se forme comme produits intermédiaires respectivement une base de Schiff (II) qui se transforme en oxazolidine (III) dont l'hydrolyse conduit à l'ester (IV), puis par saponification de ce dernier à l'acide aminé recherché (V) : (produit blanc, F 192-195°).

Les essais d'inhibition sur la croissance de *E. coli* de l'acide (V) s'étant révélés négatifs [5], nous avons pensé que ce dernier s'était formé sous la configuration *érythro*, parce que dans la série de la chloromycétine, seuls les composés possédant la structure *thréo* manifestent une action vis-à-vis des cultures de *S. paradysenteriæ* [6].

---

(1) C. Mentzer, P. Meunier, L. Molho, Lacroix et D. Billet, *Bull. Chim. Biol.*, 1950 (sous presse).

(2) D. Billet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1074.

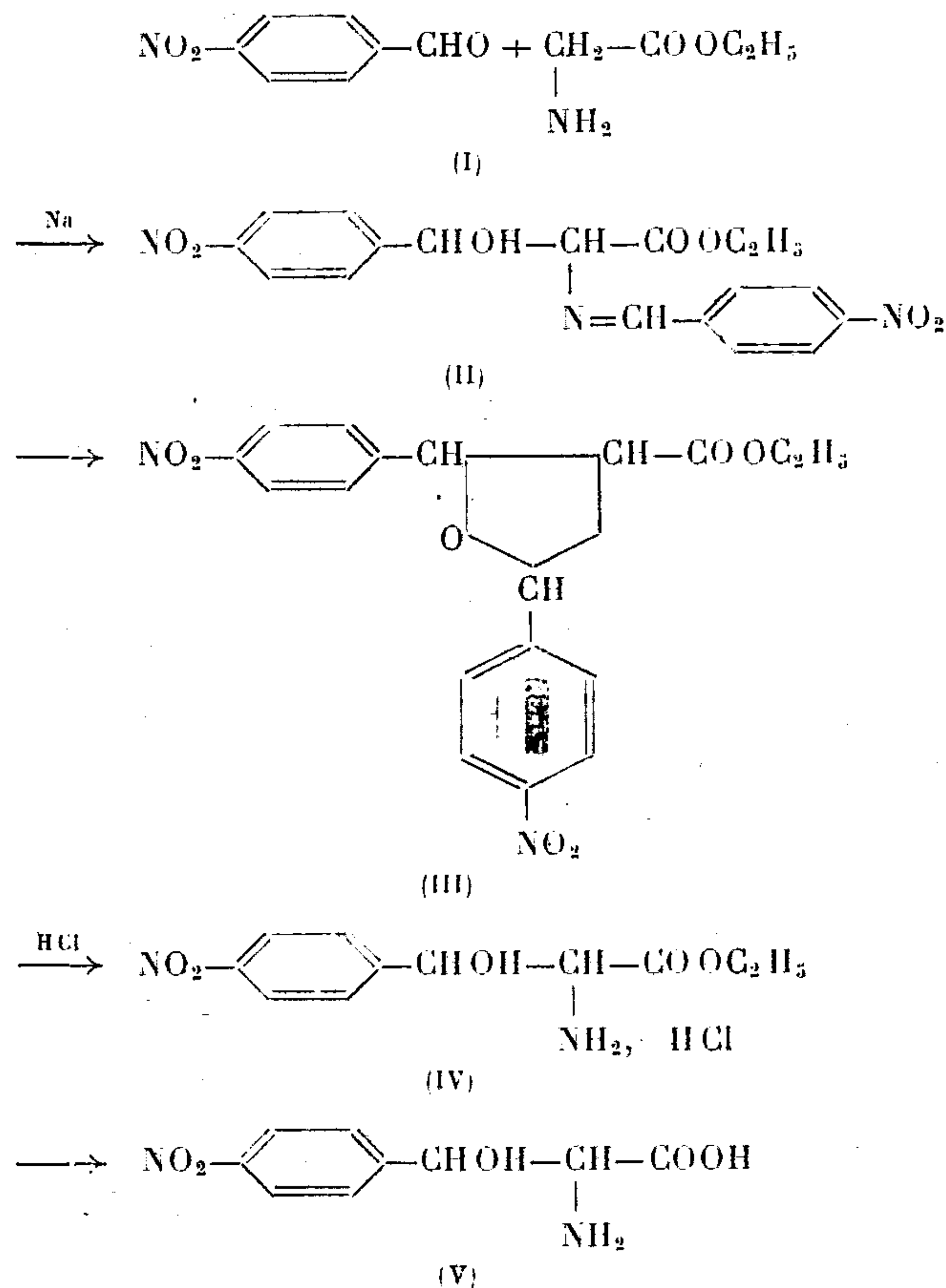
(3) *Ctb.*, 1, 1920, p. 9; *Ber.*, 2, 1919, p. 1734.

(4) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 90.

(5) Travail en cours.

(6) Controulis, Rebstock et Crooks, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2467.

Cette hypothèse serait appuyée par le fait que dans la chaîne des réactions précédentes, la *p*-nitro-phénylsérine se forme à partir d'une oxazolidine (III) dont l'arrangement spatial des groupements plaide en faveur de la configuration *érythro*. L'hydrolyse directe à partir de la base de Schiff (II) aboutit au même dérivé.



Nous avons alors préparé la *p*-nitro β-phénylsérine par une méthode entièrement différente et qui consiste à nitrer directement la β-phénylsérine dont la constitution a été établie comme appartenant à la série *thréo* (2). Nous avons opéré suivant la méthode décrite par Erlenmeyer (7) pour la phénylalanine. La substance à laquelle conduit cette préparation se présente sous forme de paillettes colorées en jaune, même après plusieurs recristallisations et traitements au charbon animal répétés; le point de fusion est sensiblement le même que celui du dérivé décrit par Dalgliesh (zone de fusion : 188-195°); les spectres d'absorption mesurés en solution aqueuse, donnent des courbes qui se superposent et présentent le même maximum; le titrage par la méthode de Sörensen

(7) Erlenmeyer et Lipp, *Ann.*, **219**, 1883, p. 179.

effectué comparativement sur la β-phénylsérine et le dérivé *p*-nitré montrent bien que la nitration s'est effectuée et que l'acide aminé recherché cristallise avec une molécule d'eau, de même que la phénylsérine. Ces faits nous permettent de conclure que la *p*-nitro β-phénylsérine peut être préparée à partir de la β-phénylsérine et que la configuration stérique du dérivé obtenu paraît être la même que celle du produit de départ; il a d'ailleurs pu être démontré que la nitration de molécules apparentées (par exemple celle du phénylsérinol) ne provoque pas de changements dans la configuration spatiale. Ajoutons enfin que des essais biologiques, réalisés avec les deux dérivés isomères semblent plaider en faveur d'une différence dans le comportement vis-à-vis des cultures de *E. coli* ([5]). Nous pensons donc que le composé préparé selon Dalgliesh correspond à la forme *érythro*, tandis que celui qui provient de la nitration directe de la phénylsérine doit être considéré comme un dérivé *thréo*. Nous sommes en train d'élaborer des méthodes chimiques en vue de vérifier une telle hypothèse.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la structure cristalline des bioxydes de manganèse.* Note de M. **Jean Brenet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Au cours des déterminations de constantes réticulaires de divers échantillons de bioxydes de manganèse, par diffraction des rayons X, nous avons enregistré plusieurs résultats particulièrement intéressants.

Les échantillons étudiés donnaient tous le diagramme correspondant au système quadratique centré du type C_4.

Récemment Wyckoff ([1]) a donné comme valeur des paramètres

$$a = 4{,}44\ \text{Å}, \qquad c = 2{,}89\ \text{Å}, \qquad \frac{c}{a} = 0{,}65\ \text{Å}.$$

Or sur les neuf échantillons de provenances très diverses, naturelles ou artificielles, nous n'avons jamais pu retrouver les valeurs données par Wyckoff.

La série des valeurs obtenues est en effet la suivante :

Nº de l'échantillon.	Paramètre *a*.	Rapport $\frac{c}{a}$.
1	4,395 ± 0,006	0,651 ± 0,002
2	4,409 ± 0,005	0,650 ± 0,008
3	4,418 ± 0,006	0,649 ± 0,003
4	4,405 ± 0,007	0,653 ± 0,003
5	4,414 ± 0,006	0,649 ± 0,003
6	4,404 ± 0,006	0,656 ± 0,003
7	4,404 ± 0,006	0,656 ± 0,003
8	4,406 ± 0,006	0,656 ± 0,004
9	4,391 ± 0,005	0,660 ± 0,008

([1]) *Crystal Structine* (*Section I Interscien'es Publishers*, London, 1948).

Parmi ces divers échantillons, nous devons noter que l'échantillon 1 est un bioxyde issu du nitrate de manganèse par grillage. Il fournit des valeurs de paramètres que nous avons retrouvées à plusieurs reprises et qui sont donc parfaitement confirmées.

Les échantillons 2, 3 et 4 sont des minerais naturels provenant de régions extrêmement diverses, Maroc, Java, Espagne. L'échantillon 9 a été obtenu à partir de l'échantillon 2, et correspond à une fraction séparée de 1 par une méthode physique. L'écart entre les valeurs du paramètre *a* de 9 et de 2 nous semble dépasser les erreurs acceptables. En outre, le paramètre *a* de l'échantillon 9, est en très bon accord avec celui déterminé pour 2.

De ces résultats il nous paraît dès lors possible de tirer les conclusions suivantes :

1° Étant donnée la diversité d'origine de ces bioxydes de manganèse correspondant rigoureusement au système quadratique centré, il est difficile de donner des valeurs de paramètres qui soient valables pour tous les bioxydes. Toutefois il semble que l'on puisse caractériser d'après nos essais trois types de valeurs pour le paramètre *a*, qui correspondent probablement à trois types de bioxydes, à savoir les valeurs

4,392 Å, 4,405 Å, 4,415 Å.

Pour le rapport des axes *c/a* il semble aussi dégager les deux valeurs principales suivantes 0,650 et 0,655.

2° Dans le cas des bioxydes naturels ces différences de valeurs pour le paramètre *a* sont particulièrement sensibles et nous pensons que ces variations tiennent aux réactions qui ont pu se faire dans la nature au cours de la formation des bioxydes.

3° Le cas des échantillons 2 et 9, pour lesquels nous avons noté une différence marquée de la valeur des paramètres *a* et même *c/a*, nous a suggéré une hypothèse quant à la nature des bioxydes naturels.

En effet, le fait que l'échantillon 9 ait pu être obtenu à partir de l'échantillon 2 simplement par une méthode physique de séparation, nous laisse à penser que certains bioxydes naturels sont en réalité des mélanges en proportion très diverses de plusieurs variétés ne différant que par la valeur des paramètres et non par le système cristallin.

Cette manière de voir nous a d'ailleurs été suggérée, et nous semble confirmée, par des variations de paramètre *a*, et voire même *c*, que nous avons pu enregistrer déjà sur un certain nombre de bioxydes préparés artificiellement. Nous avons déjà observé et signalé (2) ce fait, à la suite de traitements

(2) J. BRENET et A. HÉRAUD, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 413.

particulièrement violents destinés à accroître les qualités dépolarisantes ou catalytiques de certains bioxydes.

Il est évident toutefois que la séparation de deux variétés à partir du même minerai n'est pas très aisée et jusqu'ici ne nous a pas paru suivre des règles bien établies. En outre, il est à peu près impossible de mettre en évidence sur un diagramme de Debye d'un minerai donné, les séries d'anneaux correspondant aux différents composants des minerais. En effet ce mélange ne conduit en général qu'à un très léger élargissement des anneaux ou même à l'apparition des anneaux d'un seul des constituants, le plus abondant, en raison de la proportion très faible des autres.

Pour confirmer cette manière de voir, nous avons, par exemple tenté de réaliser un diagramme de Debye en mélangeant en proportions égales deux bioxydes différents.

Or, le cliché ne nous a fait apparaître pratiquement que les raies d'un seul des échantillons.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Mise en évidence de substances toxiques pour les thérophytes dans les associations du* Rosmarino-Ericion. Note (*) de M. **Gabriel Deleuil**, transmise par M. Louis Emberger.

L'absence de thérophytes dans les associations du *Rosmarino-Ericion* est due à des substances toxiques contenues dans le sol. Les plantules meurent intoxiquées par le fer.

On sait qu'il existe des associations, en particulier celles du *Rosmarino-Ericion* (associations à *Rosmarinus officinalis, Lithospermum fruticosum* et à *Erica multiflora-Helianthemum lavandulæfolium*) dans lesquelles les thérophytes manquent à peu près complètement. Seuls quelques-uns peuvent s'y rencontrer, mais d'abondance et de fréquence toujours extrêmement faibles.

Ce caractère a été vérifié un peu partout sur les bords de la Méditerranée Occidentale (Italie à Catalogne). Il pose un intéressant problème de biologie :

1° Ces associations sans thérophytes étant très souvent limitrophes d'autres, très riches en annuelles (ex. : *Brachypodietum ramosi*), il est difficile d'admettre qu'elles ne soient pas ensemencées de thérophytes. D'ailleurs, de nombreuses plantules qu'on observe au moment des premières pluies prouvent l'ensemencement, mais elles sont, ensuite, impitoyablement éliminées.

2° Les expériences d'ensemencement artificiel de thérophytes dans le *Rosmarino-Ericion* montrent aussi que ces espèces ne peuvent pas s'y installer.

3° L'absence de thérophytes n'est pas due à la concurrence vitale, les associations du *Rosmarino-Ericion* étant très ouvertes (couverture max. 50 %),

(*) Séance du 27 mars 1950.

alors que dans le *Brachypodietum ramosi*, riche en thérophytes, la couverture atteint 85 %.

4° L'absence de thérophytes n'est pas due à la trop grande compacité du sol, car ces sols n'ont jamais un pourcentage très élevé d'argile et de limon; l'air et l'eau y circulent aisément. De plus, en Provence, où nous faisons nos observations, le *Rosmarino-Ericion* s'installe de préférence sur les sols meubles et profonds.

Nous avons été conduit ainsi à envisager l'hypothèse de la présence, dans le sol, de substances toxiques, présence déjà soupçonnée par Molinier (1), mais non encore démontrée :

1° Si l'on prélève un échantillon de terre du *Rosmarino-Ericion*, et si on le soumet à une lixiviation, on constate que l'eau de lessivage est toxique pour les thérophytes.

2° Si dans deux terrines contenant de la terre de jardin nous semons des espèces annuelles (à l'exception des thérophytes qu'on peut rencontrer accidentellement dans le *Rosmarino-Ericion*), et si nous arrosons, l'une, d'eau de lessivage de terre de *Rosmarino-Ericion* et, l'autre, d'eau ordinaire, on constate que dans les deux terrines les graines germent normalement, mais qu'au bout d'un certain temps les plantules de la terrine arrosée avec de l'eau de lessivage dépérissent et meurent, lorsque les réserves contenues dans la graine ont été consommées; celles de la terrine arrosée avec de l'eau ordinaire continuent à se développer normalement.

3° Si, au lieu d'utiliser la terre de jardin pour les germinations, on utilise des milieux artificiels (*Knop* gélosé), les résultats sont identiques.

4° Si l'on sème des graines d'espèces annuelles dans un milieu artificiel (*Knop* gélosé) dans lequel se sont développées au préalable des espèces caractéristiques du *Rosmarino-Ericion*, les mêmes phénomènes sont observés : les plantules de thérophytes sont tuées.

Les mêmes expériences faites avec des graines d'espèces vivaces ou bisannuelles montrent que toutes les plantules se développent normalement, qu'elles soient arrosées d'eau de lessivage de la terre de *Rosmarino-Ericion* ou d'eau ordinaire.

Ces résultats obtenus au laboratoire sont confirmés par des expériences faites dans la Nature.

Les plantules intoxiquées meurent par plasmolyse et une accumulation de fer, comme le montrent les coupes et les réactions microchimiques. Il semble que le poison du sol agisse en rendant la plantule perméable au fer.

Ces effets toxiques peuvent être enrayés, si, lorsque les plantules com-

---

(1) *Ann. Musée Hist. Nat. Marseille*, 27, Mém. I, 1934, p. 152.

mencent à dépérir, on pratique, au niveau du collet, des injections à très faible dose ($1/2^{mm^3}$) et à plusieurs reprises, d'une solution de $CaCl_2$ à 1/10.

Des plantules ainsi traitées, lorsqu'elles sont ensuite arrosées d'eau ordinaire, redeviennent normales et peuvent accomplir leur cycle complet de développement, alors que des plantules, placées dans les mêmes conditions, mais n'ayant pas subi les injections, continuent à dépérir, tout se passant comme si l'on avait continué à les arroser avec l'eau de lessivage de la terre intoxiquée.

PHYSIOLOGIE. — *Influence des variations du degré hygrométrique sur les échanges respiratoires de* Meta menardi *Latreille et* Araneus diadematus *Clerck*. Note de Mlle **Louise Derouet**, présentée par M. Louis Fage.

Mise en évidence des réponses différentes de l'intensité respiratoire de deux Araignées, l'une cavernicole, l'autre épigée, à une dessiccation de l'atmosphère. Tandis que chez la première il y a une diminution permanente de l'intensité respiratoire, on observe chez la seconde une accélération importante mais transitoire de cette intensité.

Dans les grottes où vivent des troglobies, le degré hygrométrique de l'air est très élevé, en général voisin de la saturation. Nous avons recherché si les échanges respiratoires d'une Araignée cavernicole *Meta menardi* L. et d'une espèce épigée comparable *Araneus diadematus* C. étaient différemment influencés par des variations du degré hygrométrique.

Les intensités respiratoires (I. R.) sont exprimées dans les résultats ci-dessous d'après les quantités de CO_2 dégagées par gramme et par heure et mesurées par les techniques d'analyse des gaz de Plantefol (1), Haldane (2), et, pour les expériences de courte durée, par l'appareil de Fry (3). Les quantités d'O_2 absorbées subissent des variations de même grandeur et de même sens que le CO_2. Les Araignées sont mises à respirer dans trois milieux de tension de vapeur respectivement : milieu III, 11,95 (saturé à la température de l'expérience); milieu II, 3,95; milieu I, environ zéro (desséché par le $CaCl_2$). Si nous faisons égal à 100, l'I. R. mesurée au départ, les animaux étant tous placés en atmosphère saturée, et que nous conservions cette valeur 100 pour l'I. R. des bêtes restées en atmosphère saturée, nous obtenons les valeurs indiquées aux tableaux I et II.

---

(1) *Bulletin de la Société de Chimie biologique*, 14 1932, p. 929-978.

(2) *Methods of air analysis*, 1918.

(3) *Canadian journal of Research*, 27, 1949, p. 188-194.

TABLEAU I. — *Meta menardi* L.

Durée de l'expérience (jours).	I. R. Milieu I.		Milieu II.	Milieu III.
0	100	100	100	100
2 1/2	50	29	51	100
8	40	38	53	100
11	43	37	56	100
14	48	54	48	100
	+	+		

TABLEAU II. — *Araneus diadematus* C.

Durée de l'expérience (jours).	I. R. Milieu I.		Milieu II.	Milieu III.
0	100	100	100	100
2	318	161	354	100
4	342	119	104	100
6	126	177	167	100
14	106	133	–	100

La dessiccation de l'atmosphère a une influence très nette sur les échanges respiratoires des deux espèces étudiées. Chez *Meta menardi* l'I. R. diminue de 50 à 70 % après un séjour de 24 heures (durée minimum réalisée), puis se maintient sensiblement à cette valeur. L'influence est déjà très marquée sur les Araignées placées dans le milieu II qui se rapproche davantage des conditions réalisées dans la nature. Chez l'Epeire, l'I. R. augmente de deux à trois fois sa valeur, puis il semble se produire une adaptation qui tend à ramener le dégagement de CO_2 à sa valeur primitive.

Chez *Meta menardi*, pour laquelle l'abaissement de l'I. R. est permanent pendant toute la durée du séjour en atmosphère sèche, le retour en atmosphère saturée entraîne le rétablissement de l'I. R. à une valeur voisine de la normale.

TABLEAU III. — *Meta menardi* L.

Durée de l'expérience (jours).	Milieu.	I. R.
0	III	100
2	I	26
4	I	34
5	I	27
7	III	80
9	I	32
11	I	30
		+

Les deux espèces étudiées, *Meta menardi* L. cavernicole et *Araneus diadematus* C. épigée réagissent donc de manière très différente à la dessiccation de l'atmosphère. Tandis que cette action se traduit par une accélération importante mais temporaire des échanges respiratoires chez *Araneus diadematus*, elle se manifeste chez *Meta menardi* par un ralentissement qui subsiste jusqu'à la mort de l'animal.

PHYSIOLOGIE. — *Le fonctionnement du cœur des Mammifères refroidis.* Note de MM. **Jean Giaja** et **Radoslav Andjus**, présentée par M. Paul Portier.

Le cœur des rats refroidis à 15° par influence du froid et de l'hypoxie peut continuer à battre pendant des heures après destruction du bulbe si le poumon est approvisionné en oxygène.

On sait que les homéothermes dont la mort a été précédée d'un refroidissement plus ou moins profond, conservent plus longtemps une excitabilité musculaire que lorsque la mort survient brusquement, la température du sujet étant à ce moment à son niveau normal; il en est de même du fonctionnement du cœur. Claude Bernard remarquait à ce sujet : « Chez les grenouilles, par exemple, l'irritabilité musculaire dure longtemps après la mort, tandis que chez un oiseau qu'on décapite dans les mêmes conditions, on ne la retrouve plus au bout d'un temps très court. Eh bien, chez un oiseau tué lentement par privation d'oxygène, l'irritabilité musculaire persiste plus longtemps » ([1]).

Pratiquant couramment par notre méthode d'hypoxie ([2]) le refroidissement des Mammifères (Rat, Lapin, Chat, Chien) jusqu'à 15° C, avec rétablissement ultérieur, nous avons retrouvé dans cette profonde hypothermie le fait du fonctionnement du cœur, après la destruction du bulbe, sous une forme très accentuée.

Le Rat refroidi par le procédé décrit ici-même ([3]) jusqu'à ce que sa température rectale tombe à 15° environ, est dans un état de profonde léthargie accompagnée d'une anesthésie complète, que nous employons en physiologie opératoire. Si après la destruction du bulbe on ouvre la cage thoracique d'un rat à température normale, on constate que les ventricules du cœur mis à nu cessent de battre huit minutes environ après la piqûre bulbaire. Dans les mêmes conditions, les ventricules du cœur d'un rat préalablement refroidi à 15° fonctionnent encore trois quarts d'heure environ après la destruction du bulbe. Afin de prolonger le fonctionnement du cœur du rat refroidi, sans employer la respiration artificielle, qui gênerait l'enregistrement graphique des mouvements

([1]) *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses,* Paris, 1883, p. 128.

([2]) *Comptes rendus,* 210, 1940, p. 80-82.

([3]) *Comptes rendus,* 229, 1949, p. 1170-1172.

du cœur et qu'il est, de plus, peu commode de pratiquer chez un animal de petite taille, nous employons le procédé suivant. Le rat refroidi ayant été tué par piqûre bulbaire, on ouvre le thorax puis on insuffle de l'oxygène pur dans les poumons en appliquant contre les narines du sujet le bout d'un tube de caoutchouc en communication avec le récipient à oxygène comprimé. Les poumons étant remplis d'oxygène pur, on oblitère la trachée préalablement dénudée, à l'aide d'une petite pince.

Dans ces conditions le cœur continue longtemps à pulser, le rythme de ses ventricules ne se ralentissant que très graduellement. Si l'on renouvelle l'oxygène des poumons de temps à autre (tous les quarts d'heure, par exemple), le cœur peut fonctionner par toutes ses parties durant des heures, si l'on prend la précaution qu'il ne s'échauffe pas par la température ambiante notablement au-dessus de 15°. L'absence de tout mouvement du sujet et de ceux dus à la respiration artificielle rend possible l'enregistrement des pulsations par les méthodes ordinaires à l'aide d'un levier inscripteur. Le rythme du cœur des animaux refroidis est évidemment très ralenti. Ainsi il est chez le Rat ralenti dix fois environ : 60 pulsations à la minute contre 500 environ à l'état normal. (La consommation d'oxygène du sujet refroidi n'est que 1/20 de l'état normal.) Ce ralentissement du fonctionnement du cœur est favorable à son analyse ainsi qu'à son enregistrement graphique. De plus, la vitesse des pulsations ne diminuant que lentement, on dispose de périodes assez longues de fonctionnement pratiquement uniforme pour pouvoir étudier l'action de divers facteurs sur la marche du cœur. Nous avons obtenu par la même méthode de refroidissement des résultats semblables avec le cœur du Lapin.

En résumé, mettant à profit la léthargie hypoxyque des homéothermes refroidis à 15°, on peut prolonger le fonctionnement du cœur mis à découvert après la mort par piqûre bulbaire, pendant un temps assez long pour que l'on puisse employer le cœur de Mammifères dans les mêmes conditions qu'il est classique d'employer le cœur de la Grenouille.

PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS. — *L'odeur des hormones sexuelles.*

Note (*) de M. **Jacques Le Magnen**, présentée par M. Robert Courrier.

On constate que l'odeur des diverses hormones sexuelles naturelles est variable d'un sujet à l'autre. Les œstrogènes de synthèse fournissent des odeurs généralement différentes ou sont inodores. Une étude comparée des seuils dans les deux sexes pour le type d'odeur urinoïde le plus fréquent des hormones sexuelles, révèle un type de réceptivité olfactive analogue à celui observé pour l'odeur de l'exaltolide.

Prelog et Ruzicka (1944-45), après avoir isolé du testicule de porc, deux androstène-ols possédant une forte odeur musquée (musc stéroïdes) et, après

(*) Séance du 27 mars 1950.

en avoir effectué la synthèse et celle de leurs différents dérivés, ont révélé une relation curieuse entre la propriété hormonale de ces molécules et leur efficacité olfactive. De leurs observations il résulte : *a.* que les diverses modifications de la structure moléculaire des stéroïdes étudiés entraînant un accroissement, une diminution ou la disparition de l'activité hormonale, amènent une évolution parallèle de l'odorité ou de l'intensité de l'odeur; *b.* que seuls possèdent une odeur les stéroïdes dont la structure se rapproche le plus de celle des stéroïdes naturels; *c.* que l'ensemble des corps étudiés ne fournit que trois types qualitatifs d'odeur, soit : les odeurs de *vieille urine* (odeur très caractéristique), de musc ou de bois de cèdre; *d.* enfin les auteurs signalent une grande variabilité d'un individu à l'autre pour la perception de ces odeurs, tant en ce qui concerne la qualité que l'intensité.

M. Guillot a observé d'autre part la fréquence des anosmies aux muscs stéroïdes et confirmé la variabilité de leur qualité olfactive ([1]). Par ailleurs, nous avons montré qu'un autre type de substance à odeur de musc, l'exaltolide, était considérablement influencé dans son efficacité olfactive, par l'existence et les fluctuations chez le sujet du système hormonal folliculinique ([2]). Nous avons interprété ce dernier phénomène en supposant que la réceptivité olfactive à l'exaltolide était développée ou exaltée par la présence ou l'apparition dans l'organisme, concomitante de celle de la folliculine, d'une molécule analogue à celle de l'exaltolide, agissant par un processus de *sensibilisation olfactive*, processus dont nous avons donné d'autre part un début de confirmation expérimentale ([3]).

En relation avec ces faits nous avons effectué une observation systématique sur huit sujets des deux sexes, de l'odeur développée par un certain nombre d'hormones sexuelles, hormones naturelles ou de synthèse. Ces corps, inodores à l'état cristallisé, possèdent à la fusion une odeur faible et fugace. Ces hormones étaient les suivantes : œstrone, œstradiol, équilénine, déhydroandrostérone, testostérone, progesterone, prégnéninolone, acide allénolique et hexoestrol.

On constate les faits suivants : *a.* la qualité de l'odeur perçue est très variable d'un sujet à l'autre, mais sans rapport avec le sexe. Seules la progestérone et la testostérone sont perçues avec la même qualité (vieille urine), par tous les sujets; *b.* pour les hormones naturelles (intervenant dans le métabolisme), on ne trouve chez les divers sujets que les trois types d'odeur signalés par Prelog et Ruzicka pour les androstène-ols et leurs dérivés immédiats; *c.* parmi les œstrogènes de synthèse, l'acide allénolique, n'est jamais

---

([1]) M. Guillot, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1309.

([2]) J. Le Magnen, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1103.

([3]) J. Le Magnen, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 122.

perçu avec l'odeur urinoïde. Il fournit des odeurs différentes, de thym, aromatique, acétique. L'hexœstrol est perçu dans quelques cas (hommes ou femmes), avec l'odeur urinoïde. Le plus souvent il est trouvé inodore.

Ces observations coïncident avec celles de Prelog et Ruzicka. Celles qui concernent les œstrogènes de synthèse peuvent être considérées comme appuyant l'hypothèse selon laquelle la qualité musquée ou urinoïde de l'odeur est corrélative, non de l'activité hormonale, mais de l'intervention dans le métabolisme de ces molécules, à l'origine de processus possibles de sensibilisations olfactives spécifiques.

D'autre part, le fait nous ayant été signalé, d'une sensibilité olfactive apparemment plus accusée et même exclusive de la Femme à l'odeur développée à la fusion par un mélange de testostérone et de cholestérol, nous avons, afin de contrôler ce phénomène (qui se présentait au premier abord comme celui de l'exaltolide) effectué une statistique comparée des seuils sur 20 sujets de part et d'autre.

Nous avons constaté : *a.* deux seuls cas d'anosmie complète chez l'Homme (10 % des cas); *b.* chez tous les sujets la perception de l'odeur de vieille urine (qui est celle de la testostérone elle-même) à l'exception de deux femmes qui trouvent une odeur fruitée; *c.* on constate enfin une différence très nette du niveau de sensibilité entre les deux sexes. La sensibilité moyenne de la Femme est de trois fois et demie plus accusée que celle de l'Homme; *d.* chez la Femme le niveau de sensibilité varie faiblement avec le cycle génital dans le même sens que la plupart des odeurs et que l'exaltolide, mais avec une amplitude considérablement moins importante que cette dernière sensibilité; *e.* la comparaison sur 12 cas de la sensibilité de sujets masculins à l'odeur de l'exaltolide et à celle de cholestérol-testotérone, révèle neuf cas de convergence très nette (sensibilité nulle ou faible à l'exaltolide et également faible ou nulle au cholestérol-testostérone ou réciproquement : sensibilité anormalement élevée pour les deux substances) et trois cas de divergence (exaltolide très sensible et testostérone faiblement sensible ou inversement).

Ces faits, permettent de classer les corps fournissant la qualité olfactive de *vieille urine* parmi ceux qui, au même titre que l'exaltolide, sont exaltés dans leur réceptivité olfactive par le facteur œstrogène. Cette donnée nouvelle vient corroborer les faits que nous avons antérieurement établis sur l'activité spécifique de l'administration d'un œstrogène à un sujet masculin, exaltant la sensibilité à divers corps à odeur urinoïde, comme celle de l'exaltolide à odeur de musc ([4]).

([4]) J. Le Magnen, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 947.

BACTÉRIOLOGIE. — *Extraction de la toxine tétanique à partir des corps microbiens par les ultrasons.* Note (*) de MM. **Marcel Raynaud, Bention Nisman, et Robert-Olivier Prudhomme**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une Note antérieure ([1]) l'un d'entre nous a montré qu'il était possible d'extraire la toxine tétanique des corps microbiens lavés par emploi de solutions hypertoniques. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de voir si les ultrasons ne permettraient pas une libération plus complète de la toxine contenue dans les corps microbiens.

Morton et Gonzalez ([2]) ont obtenu en effet de faibles quantités de toxine diphtérique par action de vibrations soniques sur des suspensions de *Corynebacterium diphteriæ*.

Les corps microbiens de *Plectridium tetani*, recueillis après 18 heures de culture à 37° ou 48 heures à 33° en bouillon viande-foie glucosé, sont lavés trois fois avec un volume de bouillon dilué au quart, égal au volume de bouillon de départ. On en fait deux parts égales : l'une est extraite par un certain volume d'une solution, M/1 en ClNa, M/10 en citrate trisodique, pendant 5 jours, à 0°. On emploie en général 50^{cm^3} de solution pour les corps microbiens provenant de 1^l de bouillon : la densité de la suspension ainsi réalisée est de l'ordre de 1^{mg} d'azote bactérien par centimètre cube. L'autre moitié des corps microbiens est remise en suspension dans un volume d'eau distillée, égal au volume de la solution hypertonique employée pour la première moitié, et soumise aussitôt que possible à l'action des ultrasons : pendant une durée variable suivant les expériences, à la température ordinaire. Nous avons utilisé l'appareil piézo-électrique S. C. A. M. Fréquence 292 Kc suivant la technique habituellement utilisée par l'un d'entre nous ([3]).

Les premiers résultats obtenus étaient peu encourageants. Sans précaution spéciale, la toxine tétanique est en effet souvent détruite par les ultrasons dans les conditions indiquées. En utilisant la technique de protection, étudiée par R. O. Prudhomme et Grabar ([4]) contre les effets indésirables des ultrasons : addition de traces d'éther sulfurique dans le liquide, nous sommes arrivés à extraire une certaine quantité de toxine, mais les taux ainsi obtenus ne dépassaient pas ceux des témoins extraits par les solutions hypertoniques.

(*) Séance du 27 mars 1950.

([1]) M. Raynaud, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 543.

([2]) *J. Immunol.*, 45, 1942, p. 63.

([3]) R.-O. Prudhomme et P. Grabar, *Bull. Soc. Ch. Biol.*, 29, 1947, p. 122.

([4]) *Ann. I. P.*, 76, 1949, p. 460.

La mise au point par B. Nisman et R. O. Pruhomme (5) d'une méthode d'extraction ménagée des enzymes bactériens par ultrasonation des suspensions microbiennes nous a fourni un nouveau moyen d'aborder ce problème. Cette méthode consiste à supprimer les effets dénaturants des ultrasons sur les protéines : 1° en opérant sous atmosphère d'hydrogène; 2° en ajoutant au milieu liquide une certaine quantité de catalase. La technique ainsi réglée permet d'obtenir, à partir des corps microbiens, des solutions très actives d'enzymes divers. A 50$^{cm^3}$ de la suspension bactérienne on ajoute 0$^{cm^3}$,5 d'une solution de catalase purifiée préparée selon Keilin et Hartree (6) et l'on effectue l'ultrasonation sous atmosphère d'hydrogène. Après ultrasonation, on centrifuge à grande vitesse pour éliminer les débris résiduels insolubles. La durée d'action des ultrasons doit être réglée en fonction de la densité bactérienne. Si l'on veut conserver les préparations solubles ainsi obtenues il suffit de les lyophiliser aussitôt. Cette méthode a permis d'extraire la toxine tétanique des corps microbiens lavés. Dans le cas des suspensions provenant de germes obtenus par culture à 37°, elle fournit des résultats qui sont du même ordre de grandeur que ceux donnés par la méthode des solutions hypertoniques.

Expérience 304.

	Doses minima mortelles (cm³).
Bouillon	1/100
Premier lavage	1/100
Troisième lavage	1/100
Extrait ClNa citrate	1/200 000
Extrait obtenu par les U. S.	1/500 000

Dans le cas des suspensions obtenues par culture à 33°, plus favorable à la toxigénèse tétanique, les ultrasons extraient des corps microbiens des quantités plus importantes de toxine.

Expérience 314.

	Doses minima mortelles (cm³).
Bouillon	1/1 000
Premier lavage	1/1 000
Troisième lavage	1/1 000
Extrait de Na Cl citrate	1/1 000
Extrait obtenu par les U. S.	1/100 000

En résumé, il est possible d'extraire par les ultrasons la toxine tétanique

(5) *Ann. I. P.*, 1950 (à paraître).
(6) *Biochem. J.*, 39, 1945, p. 148.

à partir des suspensions de corps microbiens lavés. En opérant en présence de catalase et sous atmosphère d'hydrogène, les taux de toxine extraite sont élevés. L'emploi des ultrasons confirme les résultats que donne la méthode d'extraction par les solutions hypertoniques et établit que la toxine tétanique est un constituant de la cellule microbienne de *Pl. tetani*, constituant présent en quantité assez élevée dans les corps microbiens eux-mêmes.

La séance est levée à 15h45m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 2 janvier 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Jean Brodin*, Application du principe de Huyghens au dioptre :

Page 68, 2e ligne en remontant, *au lieu de* à l'extérieur, *lire* à l'intérieur.
» » 3e ligne en remontant, *au lieu de* à l'intérieur, *lire* à l'extérieur.

(*Comptes rendus* du 6 mars 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Sabbas Ghelelovitch*, Une nouvelle tumeur héréditaire chez la Drosophile (*Drosophila melanogaster* Meig.) :

Page 1003, 11e ligne, *au lieu de* $♂\sigma \leq g$, *lire* $♂\sigma eg$.
» » 34e ligne, *au lieu de* deuxième génération, *lire* douzième génération.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 12 AVRIL 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **ERNEST ESCLANGON** fait hommage d'un fascicule extrait du *Mémorial de l'Artillerie française* et intitulé : *La vie serait-elle possible à bord de satellites artificiels de la Terre ou de projectiles astronautiques ?*

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° PAUL PERRIN. *L'Alcoolisme. Problèmes médico-sociaux. Problèmes économiques.*

2° JEAN BUTAUD. *Bourganeuf. Ville médiévale.*

3° *Trabalhos da Associação da Filosofia natural* (Porto). Volume I, fascículo 1.

4° *Arkiv för Zoologi,* utgivet av K. Svenska Vetenskaps-Akademien. Andra Serien. Band 1. Häfte 1.

5° *Einladung zur Teilnahme an der 24. Hochschulwoche der Hochschule für Bodenkultur in Wien.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence d'interpolations linéaires. I. Fonctions bornées.* Note (*) de M. **István Sándor Gál**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous nous proposons d'examiner dans cette Note les interpolations qui convergent dans les points de continuité d'une fonction bornée. Nous pouvons caractériser cette classe d'interpolations par des hypothèses simples. Comme application de nos résultats nous donnons un critère nécessaire et suffisant concernant l'approximation par la *moyenne métrique*.

Définition 1. — *Soit* K *un ensemble fermé situé dans le plan complexe. Pour chaque indice* $n=1, 2, \ldots$ *donnons-nous un nombre fini de nombres distingués* $z_k^{(n)} \in \mathrm{K}$ $(k=1, 2, \ldots, m_n;\ z_{k_1}^{(n)} \neq z_{k_2}^{(n)})$. *Ceux-ci seront les points fondamentaux de l'interpolation linéaire. Soient définies de plus les fonctions* $\omega_k^{(n)}(z)\,(z \in \mathrm{K};\ k=1, 2, \ldots, m_n;\ n=1, 2, \ldots)$ *sur l'ensemble* K, *nommées fonctions fondamentales. Appelons la suite*

$$\mathrm{A}_n(f, z)=\sum_{k=1}^{m_n} f(z_k^{(n)})\,\omega_k^{(n)}(z),$$

l'interpolation linéaire attachée aux points $z_k^{(n)}$ *et aux fonctions* $\omega_k^{(n)}(z)$.

Insistons sur le point que les fonctions $\omega_k^{(n)}(z)$ peuvent être non seulement des polynômes ou bien des fonctions trigonométriques, mais aussi des fonctions univalentes complexes. Définissons encore certaines classes de l'interpolation linéaire, qui seront notées par $A^{(1)}, \ldots, A^{(4)}$.

Définition 2. — 1° *L'interpolation* $\mathrm{A}_n(f, z)$ *appartient à la classe* $A^{(1)}$, *si* $\mathrm{A}_n(f, z) \to f(z)$ *dans chaque point de continuité d'une fonction bornée arbitraire* $f(z)$; $z \in \mathrm{K}$.

2° *Nous disons que* $\mathrm{A}_n(f, z)$ *appartient à la classe* $A^{(2)}$, *si outre la condition précédente,* $|\mathrm{A}_n(f, z)|$ *a une borne supérieure ne dépendant que de* z *pour une fonction bornée quelconque* $f(z)$.

3° *Considérons les* $\mathrm{A}_n(f, z) \in A^{(1)}$ *qui sont telles que la convergence* $\mathrm{A}_n(f, z) \to f(z)$ *est uniforme sur chaque sous-ensemble de* K *sur lequel la fonction bornée* $f(z)$ *est uniformément continue, et cette condition étant valable pour n'importe quelle fonction. Notons* $A^{(3)}$ *cette sous-classe de* $A^{(1)}$.

4° *Appelons* $A^{(4)}$ *la sous-classe de* $A^{(3)}$ *formée des* $\mathrm{A}_n(f, z)$ *dont le module est borné uniformément en* n *et* $z \in \mathrm{K}$. (*Évidemment* $A^{(4)} \subset A^{(2)}$.)

Nous allons caractériser ces classes d'interpolations par certaines hypothèses simples portant sur des points et fonctions fondamentaux.

(*) Séance du 3 avril 1950.

THÉORÈME 1. — *Les conditions suivantes sont nécessaires et suffisantes pour que* $A_n(f, z)$ *appartienne à la classe* $A^{(1)}$: *pour tout* $z \in K$

$$\text{(I)} \qquad \sum_{k=1}^{m_n} \omega_k^{(n)}(z) \to 1, \qquad \text{si} \quad n \to \infty;$$

$$\text{(II)} \qquad \sum_{|z_k^{(n)} - z| > \mu} |\omega_k^{(n)}(z)| \to 0, \qquad \text{si} \quad n \to \infty,$$

pour chaque $\mu > 0$; *et*

$$\text{(III)} \qquad \sum_{z_k^{(n)} \neq z} |\omega_k^{(n)}(z)| \leqq H(z),$$

où $H(z)$ *est indépendante de* n.

Dans ce théorème, comme dans les théorèmes suivants, nous convenons de désigner par $\sum\limits_{z_k^{(n)} \neq z}$, $\sum\limits_{|z_k^{(n)} - z| > \mu}$ la sommation par rapport aux $k(1 \leqq k \leqq m_n)$ pour lesquels $z_k^{(n)} \neq z$, $|z_k^{(n)} - z| > \mu$ respectivement.

THÉORÈME 2. — *Pour que* $A_n(f, z)$ *appartienne à la classe* $A^{(2)}$ *les conditions* (I), (II) *et l'inégalité* $\sum\limits_{k=1}^{m_n} |\omega_k^{(n)}(z)| \leqq H(z)$ *sont nécessaires et suffisantes.*

THÉORÈME 3. — $A_n(f, z)$ *appartient à la classe* $A^{(3)}$ *dans le cas et dans le cas seulement, où* (I) *et* (II) *sont uniformément valables dans* $z \in K$ *et où de plus l'inégalité* $\sum\limits_{z_k^{(n)} \neq z} |\omega_k^{(n)}(z)| \leqq H$ *a lieu avec* H *indépendante de* n *et de* z.

THÉORÈME 4. — *Pour que* $A_n(f, z) \in A^{(4)}$ *ait lieu, il faut et il suffit que* (I) *et* (II) *soient uniformément valables en* z *et que* $\sum\limits_{k=1}^{m_n} |\omega_k^{(n)}(z)| \leqq H$ *soit remplie.*

On voit l'analogie existant entre les conditions (I), (II), (III) et les trois hypothèses qui assurent la régularité d'une sommation linéaire. Remarquons, concernant les démonstrations, qu'après avoir démontré la suffisance des hypothèses du théorème 1 et la nécessité de celles du théorème 4, les autres résultats énoncés s'obtiennent facilement. La plus grande difficulté se présente dans la démonstration de la nécessité de (II).

En utilisant notre méthode et nos résultats on peut démontrer le théorème ci-dessous, qui est une généralisation des résultats de M. L. Kantorovich [1] et de M. S. I. Rappoport [2]. D'après Kantorovich la *moyenne métrique* d'une

---

(1) *Math. Sbornik* (*Rec. Math. Moscou*), 41, 1934, p. 503-506.

(2) *Math. Sbornik* (2e série 66), 24, 1949, p. 87-100.

fonction mesurable *dans l'intervalle* (α_1, α_2) est le nombre

$$h = m(\alpha_1, \alpha_2)\, m\{f(x)\} \quad \text{pour lequel} \quad \text{mes}\{f(x) \geqq h\} \geqq \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \quad \text{mes}\{f(x) \geqq h + \varepsilon\} < \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}$$

pour tout $\varepsilon > 0$. Posons finalement $[f(x)]_\rho = (\text{sign} f(x)) \min(|f(x)|, \rho)$.

THÉORÈME 5. — *Supposons que* $A_n(f, x) \in A^{(4)}$. *Il existe alors des suites* $\alpha_n \to 0$ *et* $\rho_n \to \infty$ *déterminées par les points fondamentaux et les fonctions fondamentales, telles que*

$$A_n^*(f, x) = \sum_{k=1}^{m_n} \omega_k^{(n)}(x)\, m(x_k^{(n)} - \alpha_n, x_k^{(n)} + \alpha_n)\, m\{[f(x)]_{\rho_n}\} \to f(x)$$

presque partout dans (a, b) *pour chaque fonction mesurable. Pour que cette conclusion soit valable, l'hypothèse* $A_n(f, x) \in A^{(4)}$ *est aussi nécessaire.*

TOPOLOGIE. — *Application* A-*intérieure et théorie des défauts.* Note (*) de Mme **Marie-Hélène Schwartz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit f une application A-intérieure (1) de la variété topologique U dans la variété riemanienne campacte E; nous définirons, comme précédemment, les variétés d'approche de U, $U_t = h^{-1}(V_t)$.

A chaque valeur de t nous associerons une triangulation (T) de E dont on peut démontrer l'existence et qui possède les propriétés suivantes (soient T_i^k les cellules à k dimensions, a_k leur nombre) :

1° Chaque T_i^n contient un point fondamental P_i *recouvert* par la restriction de f à U'_t un nombre de fois $N(P_i, t)$ tel que $|N(P_i, t) - \mathfrak{V}(t)| < \eta_2(t)\mathfrak{V}(t)$, et, autour de P_i une boule de rayon $\eta_1^{1/n-1}$ [d'où $a_n < O(1/\eta_1^{1+(1/n-1)})$];

2° Le nombre des T^n bordant un même T_i^k est borné indépendamment de t ainsi que le nombre des T_i^k formant la frontière extérieure d'un même T^n;

3° L'ensemble des T_i^k pour $k \leqq n - 2$ comprend l'image de $\Delta \cap U_t$;

4° Considérons l'image réciproque sur V_t d'une partie de T_i^n contenant P_i : on pourra la prolonger en une cellule D_i^n recouvrant une fois et une seule T_i^n, soit dans V_t soit au delà, dans V, en identifiant, sur le bord d'une même cellule D_i^n, certaines sous-variétés à $n - 1$ dimensions; ceci afin que le revêtement H_t, réunion de tous les D_i^n et de leurs bords, ait un complexe de singularités fini. Soit (D) la triangulation de H_t, image réciproque de (T), nous appellerons Λ_t la réunion de toutes les singularités de H_t et des D_i^k du bord $\dot{H}_t$ de H_t pour $k \leqq n - 2$.

Soit α_k le nombre des cellules D_i^k de (D) et $\rho(H_t) = \alpha_0 - \alpha_1 + \ldots + (-1)^n \alpha_n$; on montre que $\rho(H_t) < O\{\mathfrak{V}(t)[\varepsilon(t)/\eta_1(t)] + \varepsilon'(t)\}$ avec $\varepsilon'(t) = \rho(V_t)/\mathfrak{V}(t)$. Soient μ_i^k le nombre des D^n bordant D_i^k, τ_i^k le nombre des T^n bordant la

(*) Séance du 13 mars 1950.

(1) Pour toutes les définitions *voir* nos deux Notes précédentes (*Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1244 et 1337).

projection T_i^k de D_i^k et $m'(D_i^k) = \mu_i^k/\tau_i^k$; pour $k = n$, $m' = 1$; pour $k = n-1$, $m' = 1/2$ si $D_i^{n-1} \subset H_t$ sinon $m' = 1$. Nous nous proposons d'évaluer le défaut algébrique global relatif à H_t, $M(t)/\mathfrak{V}(t)$ avec

$$M(t) = \sum_{D_i^k \subset \Lambda_t \cap \mathring{H}_t} (-1)^k [m'(D_i^k) - 1] + \sum_{D_i^k \subset \mathring{H}_i^{n-1}} (-1)^k \left(m'(D_i^k) - \frac{1}{2} \right) \qquad (0 \leqq k \leqq n-2),$$

$$M(t) = \sum_{i,k} (-1)^k [m'(D_i^k) - 1] \qquad (0 \leqq k \leqq n).$$

En groupant les D_i^k ayant même projection, il vient

$$M(t) = \mathfrak{V}(t).\rho(E) + \left(\sum_{T_i^n} [N(P_i, t) - \mathfrak{V}(t)] \sum_{T_j^k \subset \bar{T}_i^n} \frac{(-1)^k}{\tau^k} \right) - \rho(H).$$

Nous supposerons avoir choisi les décroissances de η_1 et η_2 assez lentes pour que $\varepsilon_1/\eta_1^{2+1/n-1} \to 0$ et $\eta_2/\eta_1^{1+1/n-1} \to 0$ (avec $\varepsilon_i/\eta_1\,\eta_2 \to 0$). Les majorations donnent alors

$$M(t) = \mathfrak{V}(t).\rho(E) + O\left(\mathfrak{V}(t) \frac{\eta_2}{\eta_1^{1+\frac{1}{n-1}}} \right) \sim \mathfrak{V}(t).\rho(E) \qquad \text{pour} \quad t \to t_1.$$

Lorsque $n = 2$ tous les termes qui interviennent dans la définition de $M(t)$ sont positifs et l'on peut passer à des inégalités relatives à des défauts locaux du genre de celles de Nevanlinna-Ahlfors sous leur forme différenciée (bien que le défaut transcendant tel que nous l'avons défini puisse être négatif). Pour $n > 2$ on peut encore définir des défauts locaux, mais on ne peut plus, de l'égalité, déduire des inégalités, sauf dans des cas particuliers.

$M(t)$ nous permet encore d'avoir une forme du défaut transcendant total $\mathrm{Trs}(t)$ sans utiliser la formule de Gauss-Bonnet généralisée. Considérons une triangulation (T') de E, subdivision de (T) dont l'image réciproque (D') sur $H_t \cup V_t$ soit une subdivision de la triangulation $(\mathcal{D})$ relative à $X = U_t(^1)$; elle permettra de définir $M(t)$ et $\mathrm{Alg}(t)$. Soient G^+ l'adhérence de la partie de H_t extérieure à V_t et G^- l'adhérence de la partie de V_t extérieure à H_t :

$$\mathrm{Trs}(t) \sim \sum_{D_i'^k \subset G^+} (-1)^k [m''(D_i'^k) - 1] - \sum_{D_i'^k \subset G^-} (-1)^k [m''(D_i'^k) - 1] \qquad (0 \leqq k \leqq n-2).$$

$m''(D_i'^k) = m(D_i'^k)$ si $D_i'^k$ est strictement intérieur à G^+ ou G^-, sinon m'' a, suivant les régions frontières des significations simples que nous ne détaillerons pas ici. La formule montre que le $\mathrm{Trs}(t)$ dépend du comportement de V dans un tube autour de V_t dont le rayon tend vers zéro avec $1/t$; que $\mathrm{Trs}(t)$ est une caractéristique numérique des régions recouvertes moins souvent que la moyenne (termes relatifs à G^+) ou plus souvent (termes relatifs à G^-).

Soit $\Lambda'_t = \bigcup_{i,k} D_i^k (0 \leqq k \leqq n-2)$. Si ce complexe Λ'_t qui contient toutes les singularités de $H_t \cup V_t$ a un nombre total $\nu'(t)$ de cellules tels que

$$\nu'(t) = o\left[\frac{1}{\eta_2(t)}\right] \qquad \text{et} \qquad \nu'(t) = o[\mathfrak{v}(t)],$$

il vient, en introduisant les nombres de recouvrement $N(T_i'^k, t)$,

$$\lim_t \left[\frac{1}{\mathfrak{v}(t)} \sum_{i,\, k \leq n-2} (-1)^k [m''(D_i'^k) - 1] + \sum_{i,\, k \leq n-2} (-1)^k \left(1 - \frac{N(T_i'^k, t)}{\mathfrak{v}(t)}\right)\right] = \rho(E).$$

Ceci, en particulier, si l'image par f du complexe singulier Δ est un complexe fini de E, cas simple qui se traite sans métrique avec des triangulations fixes.

TOPOLOGIE. — *Le plan projectif des octaves et les sphères comme espaces homogènes.* Note (*) de M. **Armand Borel**, présentée par M. Élie Cartan.

Le plan projectif des octaves de Cayley est un espace homogène du groupe simple compact exceptionnel F_4. Le n° 2 complète la détermination des groupes de Lie compacts transitifs sur les sphères, due à D. Montgomery et H. Samelson ([1]), ([2]). Au n° 3, applications à l'homotopie de G_2, F_4.

Notations. — A_l, B_l, C_l, D_l désigneront les groupes linéaires classiques compacts représentant ces structures de groupes de Lie simples compacts. $\overline{B_l}$, resp. $\overline{D_l}$ sera le groupe de recouvrement simplement connexe de B_l, resp. D_l. Rappelons que les structures de groupe compact G_2, F_4 n'ont, à une isomorphie près, qu'un représentant.

1. Le plan projectif des octaves est une variété close à 16 dimensions; elle contient des sous-variétés homéomorphes à S_8 qui, prises comme droites projectives, vérifient les axiomes d'incidence de la géométrie projective ([3]).

Théorème 1. — *Le plan projectif des octaves de Cayley est homéomorphe à l'espace homogène* $F_4/\overline{B_4}$; F_4 *opère transitivement sur les droites projectives.*

D'après E. Cartan([4]), il passe par deux points de $F_4/\overline{B_4}$ en général une seule géodésique (dans une métrique riemanienne invariante par F_4). Les points que l'on peut joindre à un point donné p par plus d'une géodésique forment une variété à huit dimensions, la variété antipodique de p, qui est homéomorphe

(*) Séance du 3 avril 1950.

([1]) *Ann. Math.*, (2), 44, 1943, p. 454-470.

([2]) A. Borel, *Bull. Am. Math. Soc.*, 55, 1949, p. 580-587, complète ([1]) pour les sphères de dimensions paires.

([3]) G. Hirsch, *Colloque de Topologie algébrique*, Paris, 1947, p. 35-42.

([4]) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 44, 1927, p. 345-467.

à S_8. On prend les variétés antipodiques comme droites projectives; pour vérifier les axiomes d'incidence on se sert de l'unicité de l'antipode d'une variété antipodique et d'une deuxième définition de cette dernière, formulée à l'aide des sous-groupes de F_4 isomorphes à $\overline{B}_4$.

Les quatre variétés closes connues qui sont des plans projectifs admettent ainsi un groupe de Lie compact transitif de transformations, qui sont même projectives; il n'en serait plus de même pour d'autres plans projectifs; en effet, une telle variété a $(1+t^n+t^{2n})$ comme polynôme de Poincaré ([3]) et son deuxième groupe d'homotopie est nul, (si $n>3$) puisque le complémentaire d'une droite projective S_n est l'espace euclidien ([3]). Or, mis à part les trois plans projectifs de dimensions >2, un seul espace homogène de groupe de Lie compact a la caractéristique d'Euler-Poincaré 3, c'est $G_2/A_1\times A_1$ ([2]); ici $A_1\times A_1$ ne désigne que la structure du groupe d'isotropie, en réalité isomorphe à D_2. On voit aisément que le polynôme de Poincaré de cet espace est $1+t^4+t^8$, mais $\pi_2(G_2/D_2)=\pi_1(D_2)\neq 0$ (suite d'homotopie), donc :

La variété G_2/D_2 a même polynôme de Poincaré que le plan projectif quaternionien, mais ne lui est pas homéomorphe.

2. *Groupes transitifs sur S_{2n-1}.* Soit $W=G/G'$; G est *effectif* sur W si seule l'unité de G induit l'identité de W. Si $W=S_{2n-1}$, G' est non homologue à zéro dans G et $\text{rang}\, G=\text{rang}\, G'+1$ ([5]). On montre d'abord dans ([1]) que si G est effectif et transitif sur S_{2n-1}, il est localement le produit direct d'un ou deux facteurs. On a plus généralement le

Théorème 2. — *Soit G de Lie compact connexe effectif sur $W=G/G'$, G' connexe. Si $\text{rang}\, G'=\text{rang}\, G-k$ et si G est localement isomorphe au produit direct de plus de $k+1$ groupes (non réduits à l'élément neutre), W est un produit topologique d'espaces homogènes.*

Il y a donc ici un ou deux facteurs simples; dans le deuxième cas, l'un est de rang 1 et l'autre est transitif sur S_{2n-1} ([1]), on est bien ramené au cas où G est simple. Les seuls groupes classiques transitifs sur S_{2n-1} sont A_n, D_n, C_m et éventuellement B_m (ou $\overline{B}_m$) (si $n=2m$) ([1]). Le plus difficile est de savoir si S_{4m-1} est homéomorphe à $\overline{B}_m/\overline{B}_{m-1}$ ou à B_m/B_{m-1}; il résulte de ([1]) que c'est exclu pour $m\neq 2, 4$. On peut aussi le voir en vérifiant par le calcul des plus petits degrés des représentations de B_{m-1} que ses images non triviales dans B_m sont toutes équivalentes à la somme $1+1+B_{m-1}$; or le quotient de B_m par un tel sous-groupe est la variété des vecteurs unitaires tangents à S_{2m}, qui n'est pas S_{4m-1}. Par contre $\overline{B}_3$ a une représentation fidèle $1+\Delta$, où Δ est irréductible de degré 8 et le quotient de $\overline{B}_4$ par l'image inverse de ce sous-groupe de B_4 est S_{15}. Cela équivaut en somme au fait que $F_4/\overline{B}_4$ est de rang 1 ([1]). De manière analogue

---

([5]) H. Samelson, *Ann. Math.*, (2), 42, 1941, p. 1091-1137.

on a $\overline{B}_2/\overline{B}_1 = S_7$, mais cela est bien connu, car $\overline{B}_2 \cong C_2$, $\overline{B}_1 \cong C_1$. On montre facilement que Δ opère transitivement sur l'espace quotient de D_4 par $1 + B_3$, qui est S_7; cette dernière est donc le quotient de $\overline{B}_3$ par un sous-groupe à 14 paramètres, qui est forcément G_2 [6].

Les espaces G_2/A_1 ou G_2/B_1 ont mêmes nombres de Betti que S_{11} mais ne lui sont pas homéomorphes [la suite d'homotopie appliquée à $G_2/A_2 = S_6$ donne $\pi_4(G_2) = \pi_4(A_2) = 0$ [7], tandis que $G_2/A_1 = S_{11}$ donnerait $\pi_4(G_2) \neq 0$]. Les autres groupes exceptionnels ne sont pas transitifs sur S_{2n-1} car ils ne possèdent pas de sous-groupes de rang $l-1$ non homologues à zéro [8]. On peut alors compléter les théorèmes 3 et 4 de [1] par le :

Théorème 3. — *Les espaces homogènes de groupes de Lie simples compacts homéomorphes à* S_{2n-1} *sont* A_n/A_{n-1}, D_n/B_{n-1} *et (pour* $n = 2m$*)* C_m/C_{m-1}; *enfin il y a encore* $\overline{B}_4/\overline{B}_3 = S_{15}$ *et* $\overline{B}_3/G_2 = S_7$.

3. Les sept premiers groupes d'homotopie du plan des octaves V sont nuls, puisque le complémentaire d'une S_8 est l'espace euclidien [9]. La suite d'homotopie appliquée à cette fibration et aux deux dernières du théorème 3 donne le :

Théorème 4. — $\pi_i(G_2) = \pi_i(B_3)$, $(2 \leq i \leq 5)$; $\pi_i(F_4) = \pi_i(B_4)$, $(2 \leq i \leq 6)$; $\pi_i(B_3) = \pi_i(B_4)$, $(i \leq 13)$.

MÉCANIQUE. — *Contribution à l'étude de la stabilité des circuits de régulation et des servomécanismes.* Note (*) de M. **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'examine la stabilité d'un régulateur automatique ou d'un servomécanisme, par la théorie de la fusion des racines. Je montre comment le domaine de stabilité d'un système à régulation proportionnelle peut être étendu, en introduisant une réaction dérivée, et que dans certains cas il est avantageux de recourir à une réaction dérivée *positive*.

I. Le circuit de régulation de la figure 1 comprend l'installation à régler $[G(p)]$ et le régulateur $[-R(p)]$, $G(p)$ et $-R(p)$ spécifiant les rapports de transmission respectifs de chacun de ces éléments, le signe — étant une notation commode, puisque la réaction est en général négative. Précisons que $G(p)$ est le rapport de transmission entre la grandeur de réglage et la grandeur réglée.

---

(6) Cela a d'abord été démontré par M. A. Blanchard, par la considération des structures presque complexes de S_6.

(7) L. Pontrjagin, *Comm. Math. Helv.*, 13, 1940-41, p. 277-292.

(8) Yen Chih Ta, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 628-630.

(9) On a de plus d'après M. A. Blanchard : $\pi_i(V) = \pi_{i-1}(S_7)$ $(i \leq 15)$.

(*) Séance du 20 mars 1950.

La transformée de Laplace $\varepsilon(p)$ de l'écart indiqué par l'appareil de mesure vérifie l'équation

$$\varepsilon(p) = \frac{G(p)}{1 + R(p)\,G(p)}\,\rho(p), \tag{1}$$

où $\rho(p)$ désigne la transformée des variations de la grandeur réglée imputables à la grandeur libre et ramenées au niveau du point de composition c, compte tenu des conditions initiales.

Nous ferons les deux hypothèses suivantes :

1. $f(p) = 1/G(p)$ est un polynôme ou une fonction approchable par un polynôme dans le domaine intéressant l'installation.

2. L'installation, libérée de son régulateur, ne peut osciller spontanément.

Développant $f(j\omega) = A(\omega^2) + j\omega B(\omega^2)$, l'hypothèse II entraîne (¹) :

a. les racines en ω des équations $A(\omega^2) = 0$ et $\omega B(\omega^2) = 0$ sont réelles, distinctes et forment deux groupes entrelacés; par conséquent, les racines en $x = \omega^2$ de $A(x) = 0$ et $B(x) = 0$, toutes $\geqq 0$, jouissent des mêmes propriétés. La plus petite racine de $A(x)$ peut être éventuellement nulle; elle est inférieure à la plus petite racine de $B(x)$ en vertu de l'entrelacement des racines de $A(\omega^2)$ et $\omega B(\omega^2)$.

b. les coefficients de $f(p)$ sont de même signe, positifs en pratique.

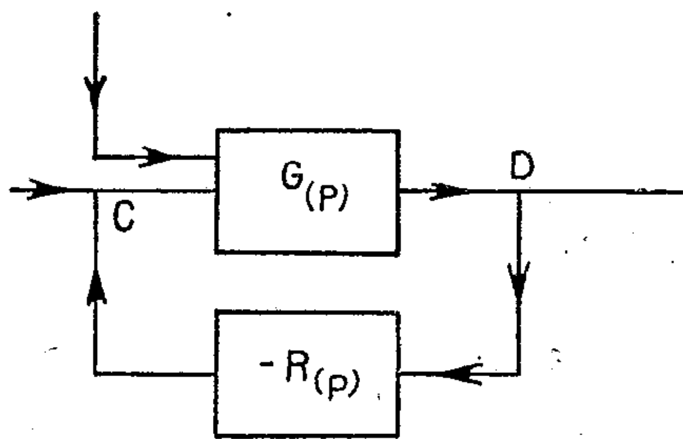


Fig. 1.

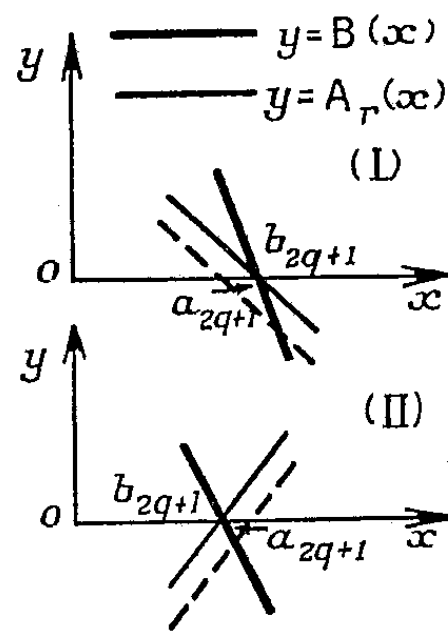


Fig. 2.

II. L'intervention d'un réglage par réaction dite *proportionnelle* de taux r est caractérisée par la forme particulière $R(p) \equiv r$. L'équation (1) devient alors

$$[f(p) + r]\,\varepsilon(p) = \rho(p). \tag{2}$$

A la parenthèse du premier membre correspondent les deux polynômes $A_r(x) = A(x) + r$ et $B(x)$. La courbe $y = A_r(x)$ s'obtient à partir de la courbe $y = A(x)$ par une translation de module r, de direction et de sens Oy. Lorsqu'on augmente le taux de réaction r, l'accroissement progressif de ce module entraîne fatalement, pour une valeur r_0 de r, la fusion d'une racine

(¹) Y. Rocard, *Dynamique générale des vibrations*, Masson, 1949.

de $A_r(x)$ avec une racine $x_0 = \omega_0^2$ de $B(x)$ et corrélativement, la naissance d'auto-oscillations de pulsation ω_0.

Numérotons les racines de $A(x)$ et de $B(x)$ dans le sens des x croissants; compte tenu du signe positif des coefficients de $f(p)$, $B'(x_0)$ est plus petit que O et, de plus, x_0 est nécessairement l'abscisse d'une racine d'ordre impair b_{2q+1}. Par contre, l'intersection des deux courbes $y = A_{r_0}(x)$ et $y = B(x)$ en b_{2q+1} peut présenter l'un ou l'autre des deux aspects (I) et (II) de la figure 2, suivant celle des racines a_{2q+1} ou a_{2q+2} qui a fusionné avec b_{2q+1}.

On peut alors améliorer la stabilité en introduisant une nouvelle réaction d'une autre classe. Nous considérons ici l'effet d'une réaction dite *dérivée*, ajoutée dans le circuit du régulateur. Celle-ci est caractérisée par l'adjonction d'un terme en hp dans $R(p)$. Au premier membre de l'équation (2) correspond maintenant un polynôme $B_h(x)$ dont la courbe représentative est déduite de celle de $B(x)$ par une translation parallèle à Oy, de module h et de sens Oy, si h est > 0, de sens contraire si $h < 0$.

a. D'après la figure 2 (I), il est clair que cette transformation, dans le cas où h a une valeur positive, rétablira les racines dans leur ordre primitif. Nous retrouvons l'effet stabilisateur de la réaction dérivée, tel qu'il est obtenu sur de nombreuses installations.

b. Par contre, dans le cas (II) il convient d'effectuer la translation vers les $y < 0$ pour obtenir ce même résultat, en adoptant une valeur négative de h. Il s'agit donc d'une réaction positive, c'est-à-dire de sens inverse à celle qui est communément mise en jeu.

III. Si nous renforçons progressivement le module de h, après avoir convenablement choisi son signe, une racine de $B_h(x)$ viendra fatalement, pour une valeur h_0 de h, fusionner avec une racine de $A_{r_0}(x)$ d'abcisse $x'_0 = \omega_0'^2$, d'ordre pair si $h > 0$, impair si $h < 0$ provoquant ainsi la naissance d'oscillations de pulsation ω'_0. Nous supposerons qu'une réduction de r en deçà de r_0 y met fin (le cas contraire est théoriquement possible mais n'apporte rien de nouveau). A chaque valeur de h de l'intervalle $O - h_0$, correspond une valeur de r déclenchant le régime oscillatoire. Cet ensemble de valeurs de r présente un maximum r_1 que l'on atteint lorsque les couples de racines de $A_r(x)$ et $B_h(x)$ correspondant par continuité aux ω_0^2 et $\omega_0'^2$ précédents sont simultanément confondues. La valeur h_1 de h correspondante peut être considérée comme optimum.

Il est possible d'atteindre expérimentalement cette valeur par approximations successives; on partira d'une valeur $h_0/2$ et l'on observera la pulsation des oscillations qui apparaissent pour la valeur limite de r. Suivant que cette pulsation est de l'ordre de ω_0 ou de ω'_0, on essaiera $3h_0/4$ ou $h_0/4$ et ainsi de suite. Un cas particulier est celui où ω_0 et ω'_0 sont deux racines consécutives de $A(x)$; les deux groupes de pulsations tendent alors vers une commune limite ω_1. La courbe $y = A_{r_1}(x)$ est alors tangente à l'axe des x au point d'abscisse $x_1 = \omega_1^2$.

IV. Dans les servomécanismes, r est en général fixe, mais les mêmes raisonnements restent valables et ils montrent qu'on améliorera la stabilité en intercalant dans la chaîne de réaction un filtre à action dérivée et qu'une réaction dérivée positive ($h < 0$) doit être envisagée dans certains cas.

ASTROPHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du courant de la Grande Ourse.* Note (*) de M. **Joseph Huss**, présentée par M. Bernard Lyot.

S'il est relativement facile de décider l'appartenance d'une étoile à un amas courant lorsque celui-ci est numériquement important et bien localisé, il n'en est plus de même pour un courant du genre de celui de la Grande Ourse dont les membres se répartissent sur toute la sphère céleste et ne représentent qu'une faible fraction du nombre total des étoiles. Il est alors difficile de savoir comment on doit limiter le courant. Aussi, trouvons-nous les résultats les plus variés. Admettant une assez grande dispersion des vitesses, Mohr ([1]) conclut en 1930 que 35 % des étoiles du type A sont membres du courant. En admettant un courant bien défini, Smart ([2]) en 1939 ne retient que 42 étoiles dont 23 du type A sur 136 étoiles proposées membres. En 1949, dans un mémoire de Nancy Grace Roman ([3]), nous relevons 58 étoiles du type A sur la liste des membres probables du courant. Enfin, en 1948, Bourgeois et Coutrez ([4]), considérant la distribution des vecteurs vitesse, ne trouvent pas de singularité correspondant au courant. Mais ici l'imprécision des vecteurs composants de la vitesse cache probablement le phénomène.

Nous nous sommes proposé, en nous appuyant exclusivement sur les vitesses radiales (qui constituent les données les plus précises) du *Catalogue of Bright Stars* de Schlesinger et Jenkins (1940), de chercher le nombre d'étoiles du type A qu'il était raisonnable d'attribuer au courant, en considérant ce dernier comme une singularité se détachant sur une distribution d'ensemble régulière, ellipsoïdale ou autre, et en admettant que le vecteur vitesse du courant est bien défini.

La vitesse radiale ρ d'une étoile membre qui se trouve à une distance angulaire λ de l'apex du courant est $V\cos\lambda$ (V étant la vitesse du courant). Partageons la sphère céleste en 24 zones Z_i dont chacune se trouve à une distance moyenne λ_i. Dans chaque Z_i les ρ sont distribués selon une certaine loi. Le courant se manifestera par un excès de fréquence dans la distribution

(*) Séance du 27 mars 1950.

([1]) *Bulletin Astronomique*, **6**, p. 147.

([2]) *Monthly Notices*, **99**, p. 441 et 710.

([3]) *Astrophysical Journal*, **110**, p. 230.

([4]) *Ann. de l'Obs. Royal de Belgique*, 3e série, **3**, p. 210.

des ρ autour de la valeur $V\cos\lambda_i$. Posons $\rho_i = V\cos\lambda_i + j$. Chaque Z_i a sa distribution des ρ : $f(V\cos\lambda_i + j)$. Considérons alors la distribution

$$F_j = \sum_{i=1}^{i=24} f_j(V\cos\lambda_i + j),$$

l'effet du courant devra être un excès de fréquence particulièrement net dans la distribution des j autour de O. Les j ne sont pas indépendants *a priori*, des amas ou des courants locaux par exemple peuvent agir systématiquement sur certaines fréquences de j. Nous avons adopté pour l'apex du courant les constantes proposées par Smart ([2]) : $A = 20^h 30^m$, $D = -39°,3$ et examiné les distributions F obtenues en faisant varier V de 12 à 20 km/s. C'est pour $V = 15$ km/s, que nous avons obtenu la bosse la plus accusée autour de $j = 0$, et nous avons remarqué qu'en dehors de la région $-3 \leqq j \leqq +3$, F suit sensiblement une simple loi de Gauss.

Après suppression de 23 étoiles à la fois membres de noyaux de courants et de notre matériel, il restait 1204 vitesses radiales. Le calcul donne : $j = -1,25$, $\sigma = 21,17$, $\beta_3 = -0,005$, $\beta_4 = +0,0015$, de sorte que obliquité et excès sont devenus entièrement négligeables. En admettant $\beta_3 = \beta_4 = 0$, nous avons dès lors calculé les 10 distributions obtenues en enlevant successivement : 0, 10, 20, ..., n, ..., 90 étoiles à la région affectée par le courant $(-3 \leqq j \leqq +3)$ ([5]). Compte tenu de la précision des ρ, nous avons formé 13 classes : $j \leqq -39$, $-38 \leqq j \leqq -32$, ..., $-3 \leqq j \leqq +3$, ..., $+39 \leqq j$, nous avons calculé les χ^2 de Pearson et les probabilités correspondantes P qui expriment les probabilités relatives pour que n étoiles soient membres du courant. Si N est le nombre total d'étoiles, nous avons obtenu :

N.	n.	χ^2.	P.	N.	n.	χ^2.	P.
1204.......	0	21,031	0,05	1154.......	50	7,995	0,78
1194.......	10	16,687	0,16	1144.......	60	9,057	0,70
1184.......	20	13,195	0,35	1134.......	70	11,156	0,51
1174.......	30	10,843	0,54	1124.......	80	14,009	0,30
1164.......	40	9,228	0,68	1114.......	90	18,047	0,11

Pour conclure, nous dirons qu'il y a donc une probabilité de 0,05 pour que le courant n'existe pas, qu'avec : $A = 20^h 30^m$, $D = -39°,3$ la vitesse la plus probable du courant est de 15 km/sec et que pour les étoiles du type A considérées, on peut admettre raisonnablement : $2,4\% < n < 5,7\%$.

Remarquons que nos résultats s'accordent avec ceux de Miss Roman.

([5]) Pour les comparer à des distributions gaussiennes.

GÉOMÉTRIE ET CARTOGRAPHIE. — *Sur une propriété des segments capables sphériques décrits sur un quart de grand cercle.* Note (*) de M. **André Gougenheim**, présentée par M. Donatien Cot.

Ces courbes découpent la surface de la sphère en deux aires égales et superposables, propriété qui peut être mise à profit pour l'établissement de mappemondes de forme allongée.

Par extension à la sphère d'une notion de Géométrie plane, on appelle segment capable sphérique le lieu des points de la surface de la sphère tels que les grands cercles qui les joignent à deux points donnés de cette surface se coupent sous un angle donné.

Comme dans le cas du segment capable plan, c'est une même courbe fermée qui sert de support aux segments décrits de part et d'autre d'une même base et capables d'angles supplémentaires. C'est cette courbe que nous désignerons par segment capable sphérique, elle admet comme plans de symétrie le plan médiateur de la base et le plan diamétral qui forme avec lui et avec le plan de la base un trièdre trirectangle.

Nous allons montrer que, *si la base du segment est le quart d'un grand cercle, la courbe partage la sphère en deux aires égales et superposables.*

Soient en effet AB la base égale à $\pi/2$ d'un segment capable d'un angle α, M un point de ce segment capable et B' le point diamétralement opposé à B. L'arc AB' est donc égal à $\pi/2$ et, comme l'arc de grand cercle MB passe par B', l'angle B'MA est égal à $\pi - \alpha$. Le lieu géométrique de M, segment capable de α décrit sur AB, est donc aussi le segment capable de $\pi - \alpha$ décrit sur AB' et du même côté par rapport au plan de la base. Mais de l'autre côté de ce plan, la courbe décrite par M est le segment capable de $\pi - \alpha$ décrit sur AB. Les points B et B' étant symétriques par rapport à A, les deux segments capables de l'angle $\pi - \alpha$ que nous avons considérés, décrits de part et d'autre du plan de base, l'un sur AB', l'autre sur AB, sont donc également symétriques par rapport au point A. Comme il s'agit en fait de deux arcs d'une même courbe, celle-ci admet donc A comme centre de symétrie.

Soit en outre CAC' l'arc de cette courbe compris entre les deux plans de symétrie PCP' et PC'P', médiateurs des bases AB et AB'. En raison de l'existence du centre de symétrie A, les aires PC'AC et P'CAC' sont égales et superposables. Il en est de même dans les autres dièdres formés par les plans de symétrie, ce qui démontre la proposition.

Ce résultat se retrouve aisément par des considérations analytiques; si l'on prend le plan de la base comme équateur et le méridien de A comme origine des longitudes M et si l'on désigne par $\mathcal{L}$ la latitude isométrique, l'équation de

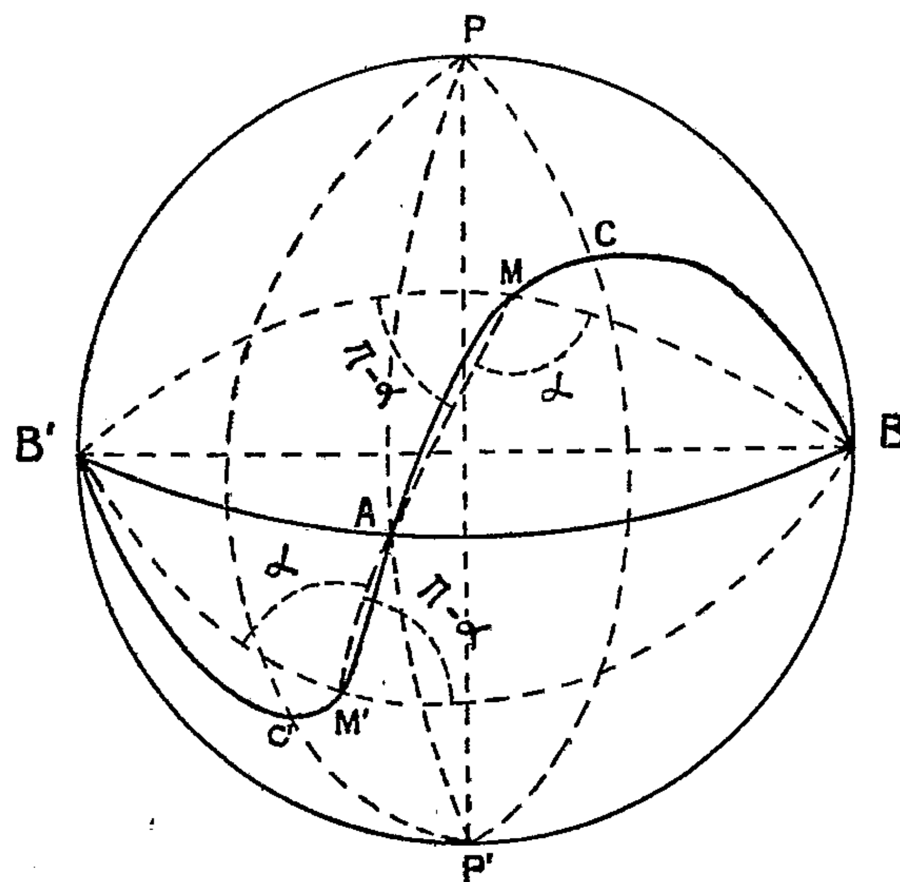
---

(*) Séance du 3 avril 1950.

la courbe s'écrit en effet :

$$\operatorname{sh} 2\mathcal{L} = -\operatorname{tg}\alpha \sin 2 M.$$

La propriété qui vient d'être démontrée peut être mise à profit pour l'établissement de mappemondes de forme allongée présentant des altérations



plus faibles que celles des mappemondes hémisphériques. Il existe d'ailleurs une infinité d'autres courbes conduisant à un partage analogue de la surface sphérique et utilisables pour le même objet.

On peut enfin remarquer que la courbe rappelle la couture des balles de tennis; on peut assimiler celle-ci au segment capable sphérique de base 90° tel que la latitude de C soit sensiblement de 60°.

PROPAGATION DES ONDES. — *Les lois de Fresnel en ondes centimétriques.* Note (*) de M. **Jean-Claude Simon**, présentée par M. Camille Gutton.

La présente Note est le début d'un travail plus étendu sur les effets de diffraction obtenus avec des plaques métalliques percées de trous. Les analogies avec les propriétés optiques classiques sont confirmées par l'expérience, en particulier est observé l'effet Brewster.

On a récemment attiré l'attention sur l'analogie qui existe entre les effets observés en ondes centimétriques sur des structures en réseau constituées par des éléments métalliques et les effets optiques classiques sur des structures cristallines (1). Les éléments métalliques considérés se comportent sous l'influence

(*) Séance du 3 avril 1950.

(1) W. E. Kock, *B. S. T. J.*, 1948.

d'une onde centimétrique d'une manière analogue aux électrons liés des structures cristallines. En particulier soit une structure A constituée de disques métalliques égaux disposés suivant des plans *a* parallèles et équidistants. Appliquons à un plan *a* le théorème de Babinet relatif aux écrans; l'écran complémentaire est constitué par une plaque métallique *b* percée de trous. Une structure périodique B constituée par des plaques *b*, parallèles et équidistantes, produit les effets complémentaires de ceux d'une structure A. L'utilisation de l'écran complémentaire *b* présente l'avantage de supprimer le rayonnement direct pour ne laisser subsister que le rayonnement diffracté.

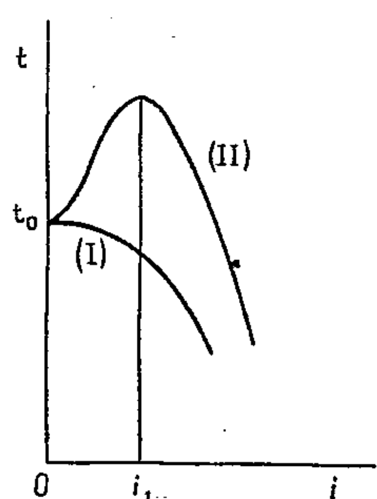


Fig. 1.

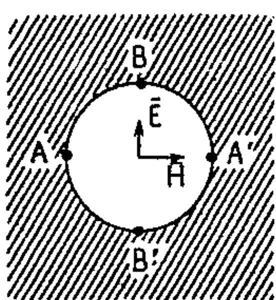


Fig. 2.

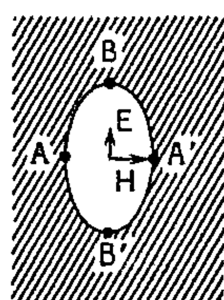


Fig. 3.

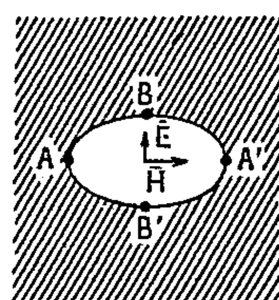


Fig. 4.

Sous la double condition que chacun des disques considérés ne soit pas résonnant, et que la distance des centres de deux disques voisins soit inférieure à la longueur d'onde, une plaque *a* peut être assimilée approximativement à une couche de diélectrique d'épaisseur $\lambda_1/4$ (λ_1 longueur d'onde dans le diélectrique considéré, λ longueur d'onde dans l'air, $n > 1$ indice de réfraction, on a la relation $n\lambda_1 = \lambda$). On peut calculer l'indice équivalent n à partir du diamètre des disques et de leur répartition. Inversement nous obtiendrons avec l'écran *b* des effets complémentaires de ceux observés avec l'écran *a*. L'écran *b* équivaut à une épaisseur $\lambda'_1/4$ de diélectrique d'indice $n' = 1/n < 1$.

L'expérience confirme ces vues. Étudions par exemple le coefficient de transmission *t* d'une plaque *b* en fonction de l'angle d'incidence d'une onde plane de vecteurs électriques et magnétiques $\overline{E}$ et $\overline{H}$ suivant que nous inclinons la plaque *b* autour d'un axe parallèle au vecteur $\overline{E}$ ou au vecteur $\overline{H}$ de l'onde considérée, nous obtenons respectivement les courbes (I) ou (II) (*fig.* 1). Cette variation de la transmission *t* est analogue à celle obtenue en optique à partir des lois de Fresnel pour une couche mince de diélectrique. Rappelons que les lois de Fresnel donnent pour le coefficient de réflexion d'une onde plane au passage d'un dioptre plan des lois différentes, suivant qu'on incline le dioptre autour d'un axe parallèle au vecteur $\overline{E}$ ou au vecteur $\overline{H}$ de l'onde plane incidente. Nous observons en particulier l'effet Brewster obtenu pour un angle i_1 tel que $\operatorname{tg} i_1 = n' = 1/n$. D'autre part, le coefficient de transmission en incidence

normale $t_0 = \sin u_0$ peut être déterminé de façon précise par l'effet de filtrage obtenu en disposant plusieurs plaques b équidistantes. De la valeur de u et des lois de Fresnel, on tire $\operatorname{tg} u_0/2 = n' = 1/n$. D'où la loi simple $i_1 = u_0/2$, assez bien vérifiée par l'expérience, même pour de faibles valeurs de t_0.

Il est enfin possible de donner une explication directe du phénomène observé. En effet, considérons un trou isolé et admettons, qu'en fonction de l'angle d'incidence, tout se passe comme si, l'onde incidente restant normale, le trou se déformait suivant son image apparente. On peut dire qu'un tel trou déformable, excité par une onde plane $(\overline{E}, \overline{H})$, transmet d'autant moins que la distance AA′ décroît (effet de self) et d'autant plus que la distance BB′ décroît (effet de capacité). Partons de l'incidence normale (*fig.* 2). Pour une inclinaison autour d'un axe parallèle au vecteur $\overline{E}$ la transmission décroît constamment (*fig.* 3). Au contraire pour une inclinaison autour d'un axe parallèle au vecteur $\overline{H}$ (*fig.* 4, la transmission commence par croître jusqu'à une valeur correspondant à une sorte de résonance et décroît ensuite. On retrouve ainsi les phénomènes signalés et l'angle de Brewster.

Ces explications d'un même phénomène physique, empruntées l'une à l'optique classique, l'autre à l'électrotechnique, mettent en évidence le fait que les ondes ultracourtes sont le lien entre les ondes lumineuses et les ondes de radioélectricité ordinaires. Elles permettent de reconstituer à une échelle microscopique des phénomènes ondulatoires qui ne peuvent être observés sur la matière qu'à l'échelle macroscopique.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Espace vectoriel des ondes régulières à l'extérieur d'une surface fermée.* Note (*) de M. **Jean Brodin**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'expression générale du principe de Huyghens pour une onde monochromatique régulière à l'extérieur d'une surface fermée S et à l'infini, est donnée sous forme d'une série d'ondes produites par des couches fondamentales de dipôles électriques et magnétiques tangents à S. Dans ce développement apparaissent des coefficients arbitraires permettant l'adaptation aux problèmes particuliers.

Supposons singulier le problème de Huyghens pour la surface S et la pulsation ω; soit $\vec{\tau}_1, \ldots, \vec{\tau}_h$ une base complète de l'espace vectoriel (¹) des solutions de l'équation (4) homogène (²).

Soient U'_k l'onde produite à l'*extérieur* de S par la couche de dipôles *magnétiques* $\vec{\tau}_k\, dS e^{i\omega t}$; $\vec{H}'_{tk} e^{i\omega t}$, $\vec{E}'_{tk} e^{i\omega t}$ les composantes tangentielles de ses

(*) Séance du 3 avril 1950.

(¹) Lichnerowicz, *Algèbre et Analyse linéaires*, p. 9.

(²) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1345. Les équations (1) à (9) sont celles de cette Note.

champs magnétique et électrique au voisinage extérieur de S. Soit $U''_k(H''_{tk}, E''_{tk})$ l'onde produite à l'*extérieur* de S par la couche de dipôles *électriques* $\vec{\tau}_k\, dS\, e^{i\omega t}$. Posons

$$(10)\qquad \vec{\mu}'_k = \tau_k,\qquad \vec{\rho}''_k = \tau_k,\qquad \vec{\rho}'_k = -\frac{c}{4\pi i\omega}\vec{n}\wedge\vec{H}'_{tk},\qquad \vec{\mu}''_k = \frac{c}{4\pi i\omega}\vec{n}\wedge\vec{E}''_{tk}.$$

Existence d'une onde régulière ([2]) extérieure *définie par la composante tangentielle* $\vec{H}_t e^{i\omega t}$ *d'un de ses champs donnée en tout point de* S. — Il existe des constantes α_k telles que $(j = 1, \ldots, h)$,

$$(11)\qquad \begin{cases} \vec{H}_t = \alpha_1\vec{H}'_{t1} + \ldots + \alpha_h\vec{H}'_{th} + \vec{H}'''_t, \\ \iint \vec{H}'''_t.\vec{\tau}_j\, dS \equiv \iint dS\big(\vec{H}_t.\vec{\tau}_j - \alpha_1\vec{H}'_{t1}.\vec{\tau}_j - \ldots - \alpha_h\vec{H}'_{th}.\vec{\tau}_j\big) = 0, \end{cases}$$

car le déterminant $|D^k_j|$ des inconnues α_k n'est pas nul ([2]).

Il existe une solution $\vec{\rho}$ de l'équation intégrale non singulière ([2]),

$$(12)\qquad \vec{\rho}^{M} + \frac{1}{2\pi}\iint dS_P\Big\{\mathcal{K}^M_P\vec{\rho}^P + 2\pi\sum_{k=1}^{h}\big[(\vec{n}_P\wedge\vec{\tau}^P_k).\vec{\rho}^P\big]\vec{n}_M\wedge\vec{H}^M_{tk}\Big\} = \frac{c}{2\pi i\omega}\vec{n}_M\wedge\vec{H}'''_t(M).$$

Multiplions scalairement par $\vec{n}_M\wedge\vec{\tau}^M_j\, dS_M$ et intégrons tenant compte de

$$\iint(\vec{n}_M\wedge\vec{\tau}^M_j)\, dS_M.\iint dS_P\mathcal{K}^M_P\vec{\rho}^P = \iint dS_M\iint dS_P(\vec{n}_P\wedge\vec{\rho}^P).\mathcal{K}^P_M\vec{\tau}^M$$
$$= 2\pi\iint dS_P(\vec{n}_P\wedge\vec{\rho}^P).\vec{\tau}^P_j = -2\pi\iint dS_M(\vec{n}_M\wedge\vec{\tau}^M_j).\vec{\rho}^M,$$

il reste

$$\sum_{k=1}^{h}\iint dS_M\iint dS_P\big[(\vec{n}_P\wedge\vec{\rho}^P).\vec{\tau}^P_k\big]\vec{H}^M_{tk}.\vec{\tau}^M = 0.$$

Le déterminant D^k_j n'étant pas nul, cela entraîne ([3]),

$$(13)\qquad \iint dS_P(\vec{n}_P\wedge\vec{\tau}^P_k).\vec{\rho}^P = 0,\qquad \vec{\rho}^M + \frac{1}{2\pi}\iint dS_P\mathcal{K}^M_P\vec{\rho}^P = \frac{c}{2\pi i\omega}\vec{n}_M\wedge\vec{H}'''_t(M).$$

L'ensemble de la couche de dipôles *électriques* $\vec{\rho}\, dS\, e^{i\omega t}$ et des couches de dipôles *magnétiques* $\alpha_k\vec{\tau}_k\, dS\, e^{i\omega t}$ produit au voisinage extérieur de S le champ magnétique de composante tangentielle $H_t e^{i\omega t}$.

Décomposition d'une onde extérieure régulière. — Il existe β_k tels que :

$$(14)\qquad \begin{gathered} \vec{E}'''_t \equiv \vec{E}_t - \alpha_1\vec{E}'_{t1} - \ldots \alpha_h\vec{E}'_{th} = \beta_1\vec{E}''_{t1} + \ldots + \beta_h\vec{E}''_{th} + \vec{E}^0_t, \\ \iint \vec{E}^0_t.\vec{\rho}''_k\, dS = 0,\qquad \text{quel que soit } k, \end{gathered}$$

([3]) LICHNEROWICZ, *loc. cit.*, p. 297, équat. 228-13 et 228-14.

Soit

$$\vec{H}_t^0 = \vec{H}_t - \alpha_1 \vec{H}'_{t1} - \ldots - \alpha_h \vec{H}'_{th} - \beta_1 \vec{H}''_{t1} - \ldots - \beta_h \vec{H}''_{th},$$

(15) $$\iint \vec{H}_t^0 . \vec{\tau}_k \, dS = \iint \vec{H}''_t . \vec{\tau}_k \, dS - \sum_j \beta_j \iint \vec{H}''_{tj} . \vec{\tau}_k \, dS = 0.$$

Toute onde U *régulière à l'extérieur de* S *est la somme :*

D'une onde U′ produite par des dipôles magnétiques $\Sigma \alpha_k \vec{\tau}_k \, dS \, e^{i\omega t}$.

D'une onde U″ produite par des dipôles électriques $\Sigma \beta_j \vec{\tau}_j \, dS \, e^{i\omega t}$.

D'une onde U^0 satisfaisant aux deux conditions (14) (15).

Production d'une onde régulière extérieure par une série de couche fondamentales. — Soit $U^0_{2h+1}, \ldots, U^0_n, \ldots$ une base complète de l'espace vectoriel des ondes U^0; U^0_n peut être produite soit par une couche de dipôles magnétiques $\vec{\mu}^0_n \, dS \, e^{i\omega t}$, soit par une couche de dipôles électriques $\vec{\rho}^0_n \, dS \, e^{i\omega t}$. Toute onde extérieure régulière,

(16) $$U = (\alpha_1 U'_1 + \ldots + \alpha_h U'_h) + (\beta_1 U''_1 + \ldots + \beta_h U''_h) + \gamma_{2h+1} U^0_{2h+1} + \ldots + \gamma_n U^0_n + \ldots,$$

est produite par l'ensemble des dipôles électriques $\vec{\rho} \, dS e^{i\omega t}$ et magnétiques $\vec{\mu} \, dS e^{i\omega t}$:

(17) $$\left\{ \begin{aligned} \vec{\mu} &= (\alpha_1 \vec{\mu}'_1 + \ldots + \alpha_h \vec{\mu}'_h) + (A_{h+1} \vec{\mu}''_1 + \ldots + A_{2h} \vec{\mu}''_h) \\ &\quad + A_{2h+1} \vec{\mu}^0_{2h+1} + \ldots + A_n \vec{\mu}^0_n + \ldots, \\ \vec{\rho} &= (B_1 \vec{\rho}'_1 + \ldots + B_h \vec{\rho}'_h) + (\beta_1 \vec{\rho}''_1 + \ldots + \beta_h \vec{\rho}''_h) \\ &\quad + (\gamma_{2h+1} - A_{2h+1}) \vec{\rho}^0_{2h+1} + \ldots + (\gamma_n - A_n) \vec{\rho}^0_n + \ldots, \end{aligned} \right.$$

$B_1, \ldots, B_h, A_{h+1}, \ldots, A_{2h}, A_{2h+1}, \ldots, A_n, \ldots$, arbitraires : l'on pourra ainsi, dans certains cas, assujettir $\vec{\rho}$ et $\vec{\mu}$ à une condition ([4]), ([5]).

ÉLECTRO-ACOUSTIQUE. — *L'oreille artificielle du Centre National d'Études des Télécommunications.* Note (*) de M. **Pierre Chavasse**, présentée par M. Camille Gutton.

Pour l'étude et le contrôle téléphonométrique des appareils téléphoniques (micro-téléphone d'abonné) il est nécessaire de disposer d'un appareillage reproduisant les caractères moyens d'une liaison réelle comprenant l'abonné lui-même.

([4]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 67, condition (3).

([5]) M. M. Brillouin a appliqué cette méthode en Acoustique : *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 461 et 611.

(*) Séance du 27 mars 1950.

A cet égard, nous avons déjà réalisé une voix ([1]) et une bouche artificielles ([2]) qui permettent de remplacer l'opérateur de contrôle chargé de parler devant le microphone côté émission. La présente Note décrit une oreille artificielle

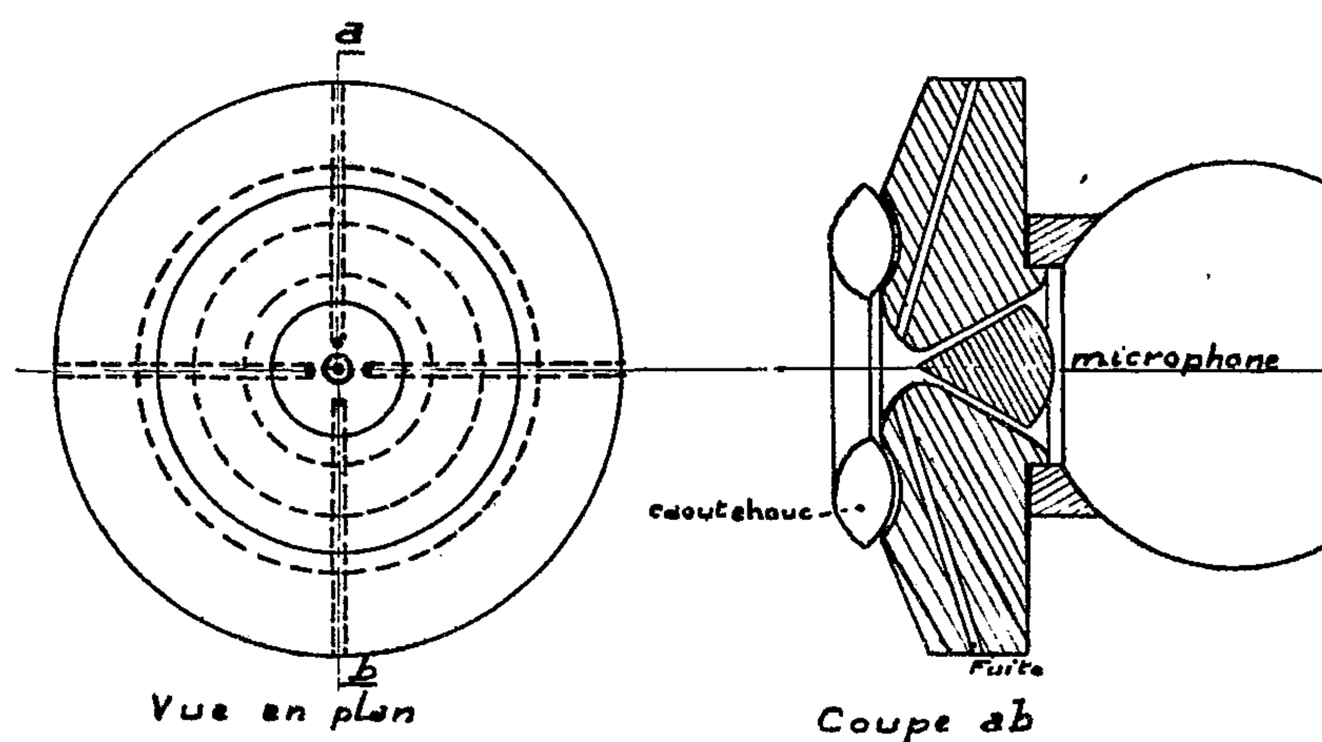


Fig. 1.

tendant à remplacer l'opérateur placé côté récepteur. De telles oreilles limitées à la partie acoustique doivent présenter une impédance égale à celle de l'oreille

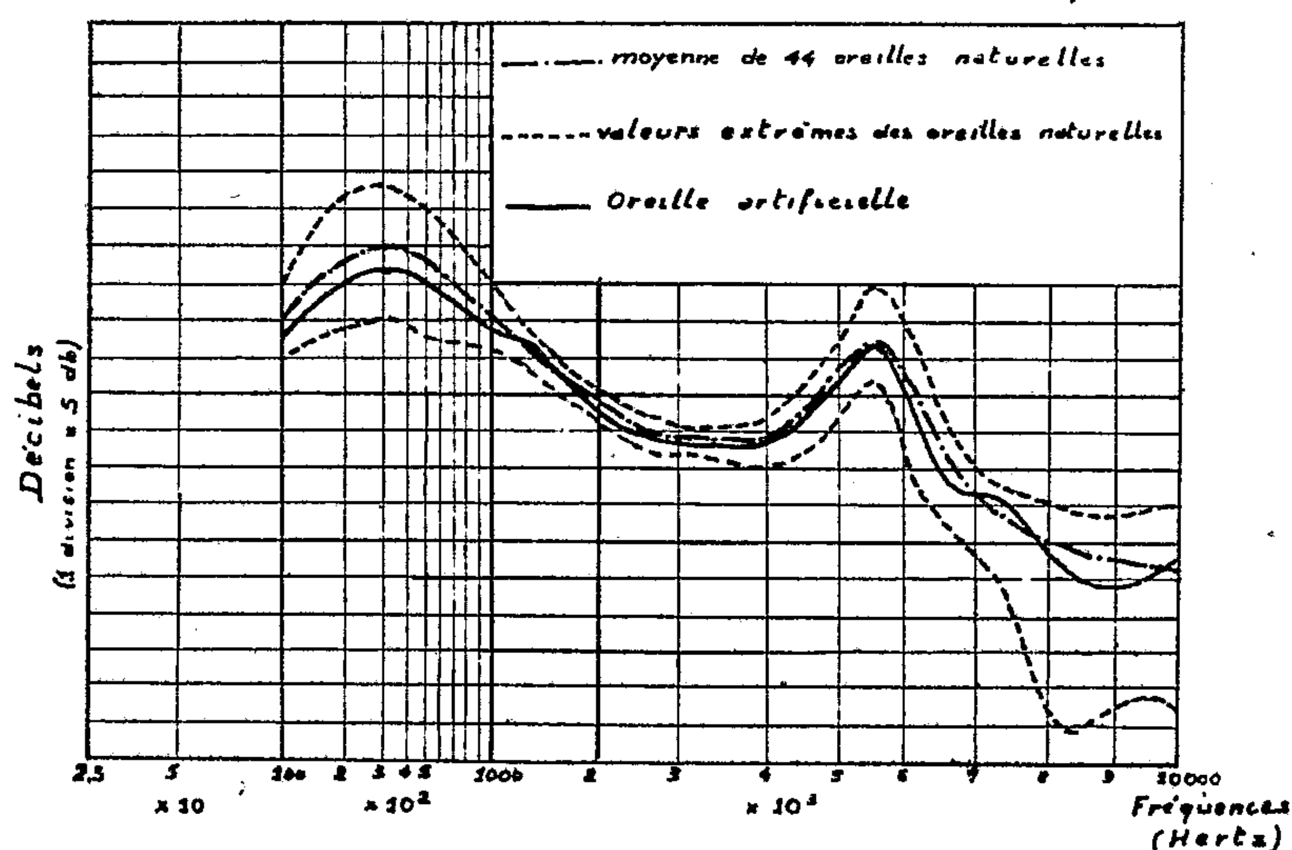


Fig. 2.

humaine et ont déjà été décrites. Nous donnons les caractéristiques d'un nouveau modèle réalisé au Centre National d'Études des Télécommunications,

---

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1620.
([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 436.

après de nombreux essais systématiques relatifs à l'influence du volume et de la forme de la chambre couplant l'écouteur à l'oreille, ainsi que du réseau d'impédances acoustiques, sur les caractéristiques des écouteurs téléphoniques.

L'impédance du conduit auditif est représentée par le volume compris entre deux cônes coaxiaux ($1^{cm^3},2$); un tore de caoutchouc forme avec la partie supérieure du coupleur un volume de 2^{cm^3}.

Des fuites nécessaires aux fréquences basses sont assurées par 2×2 canaux de diamètres $1^{mm},5$ et 1^{mm} respectivement, et de longueur $6^{cm},5$. Ces caractéristiques ont permis d'obtenir l'égalité commune des pressions acoustiques mesurées dans le plan de base du pavillon d'un écouteur dynamique appliqué successivement sur l'oreille artificielle et sur 44 oreilles naturelles en position d'écoute téléphonique normale. La concordance des résultats obtenus est montrée par la figure 2 qui reproduit les courbes d'efficacité moyennes et extrêmes relatives aux 44 oreilles et celles relatives à l'oreille artificielle.

Le tympan de l'oreille est formé par le diaphragme d'un microphone électrostatique. L'ensemble est de révolution autour de l'axe de symétrie de la figure. Pour un étalonnage, le récepteur vient reposer sur le tore de caoutchouc et la surface conique de révolution dans laquelle le tore est logé. Une concordance très satisfaisante a été obtenue au cours des comparaisons téléphonométriques, entre les sons captés par cette oreille, successivement associée à des récepteurs différents, et les sons captés par l'oreille d'un opérateur moyen attaqué par un récepteur relié au microphone à condensateur, de manière à faire intervenir l'appréciation neuro-subjective d'intensité du cerveau; pour remplacer cette dernière, on ne dispose pas encore d'un appareillage suffisamment fidèle.

OPTIQUE. — *Lame de phase à contraste variable par réflexion.* Note (*) de MM. **Maurice Françon** et **Georges Nomarski**, présentée par M. Bernard Lyot.

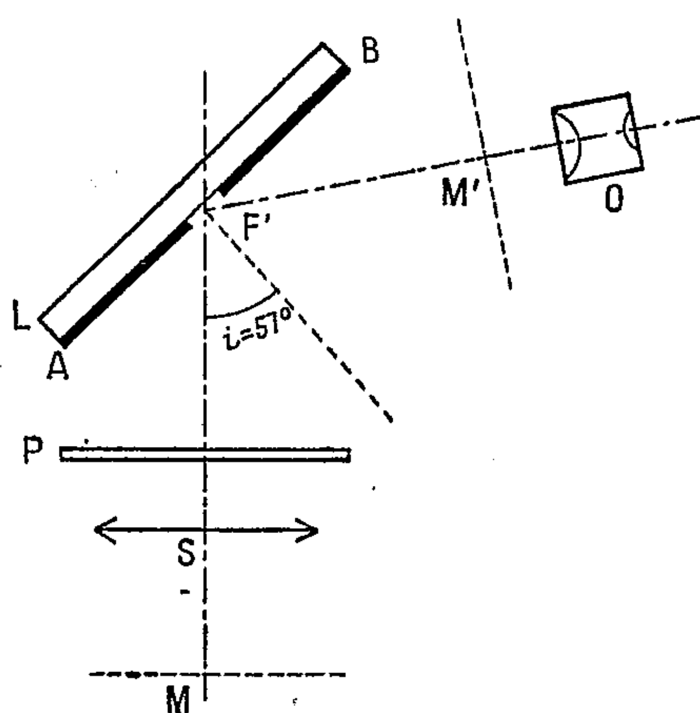
L'appareil est constitué par une lame de verre recouverte d'un métal opaque sauf dans la région où l'on forme l'image de la source lumineuse. L'incidence des rayons sur la lame est voisine de 57°. La lumière directe est déphasée de $\pi/2$ par rapport à la lumière diffractée du fait de l'épaisseur de la couche métallique. Elle est enfin polarisée totalement. Un polaroïd placé sur le trajet des rayons incidents permet de faire varier l'intensité du faisceau direct réfléchi sur le verre.

On sait que dans tout dispositif permettant d'observer des objets par contraste de phase, on doit former une image de la source lumineuse, après traversée de l'objet, sur la lame de phase. Un système optique placé derrière permet d'observer l'image de l'objet. Habituellement la lame de phase travaille par transmission, mais cela ne constitue pas la seule solution. Nous

(*) Séance du 27 mars 1950.

avons étudié une lame déphasante par réflexion, dont l'absorption peut être modifiée à volonté pendant l'observation.

Les rayons lumineux issus d'une fente F et après traversée de l'objet (non représentés sur la figure) tombent sur un système optique S. On obtient ainsi en F′ une image de la fente F sur la lame de phase L. Cette dernière est constituée par une lame de verre dont une face AB, plane et bien polie, est recouverte d'un métal comme l'aluminium par exemple.



On a pris la précaution d'enlever l'aluminiure dans une région ayant la forme d'une fente fine et sur laquelle viendra se former l'image F′. La lumière diffractée par les détails de l'objet suit le même trajet que les rayons concourant à la formation de l'image F′, mais s'étale autour de cette image et se réfléchit sur l'aluminiure. Si e est l'épaisseur de la couche d'aluminium et i l'angle d'incidence, on voit que les rayons directs réfléchis sur le verre en F′ accomplissent un chemin plus long que les rayons diffractés réfléchis sur l'aluminium, la différence δ étant

$$\delta = 2e\cos i.$$

En réglant convenablement e il est possible d'avoir le déphasage requis de $\pi/2$. Par suite de la réflexion sur le verre, la lumière directe est toujours plus ou moins polarisée; en prenant $i = 57°$, incidence brewstérienne sur le verre, la polarisation est totale. Si l'on place alors un polariseur P avant la lame de phase, par simple rotation il est possible de modifier d'une façon continue l'intensité du faisceau direct réfléchit en F′ sans modifier celle du faisceau diffracté réfléchi sur l'aluminium. On a ainsi une lame de phase dont la densité optique peut varier d'une façon continue. L'image M′ de l'objet M (qui peut être également une image aérienne formée par un autre système optique) observée avec l'oculaire O, a donc un contraste réglable à volonté.

Notons que le retard acquis à la réflexion métallique par les deux vibrations

incidentes polarisées à angle droit n'est pas exactement le même. Toutefois la différence est faible, de l'ordre de $\lambda/15$ et ne modifie pas le phénomène.

Le polariseur P peut être placé à un endroit quelconque pourvu que ce soit avant la lame L. Si l'on supprime le polariseur P, la moitié de la lumière diffractée ne peut interférer avec la lumière directe. Cette fraction de lumière diffractée donne en M′ une image de l'objet analogue à une image en fond noir. On a donc superposition d'un contraste de phase et d'un fond noir. Comme les images correspondantes n'ont pas la même structure, il s'ensuit un trouble des images en contraste de phase.

Ce dispositif peut être employé facilement dans un microscope ordinaire où il viendra prendre la place de l'oculaire. La fente F se trouve alors au foyer du condenseur. Après traversée de ce dernier et de la préparation, on a une image de la source au foyer image de l'objectif. C'est cette image que l'on reprend avec le système S pour former finalement une image de la fente F en F′ sur la lame de phase. Le dispositif convient particulièrement en microscopie métallographique. Il suffit pour cela de remplacer le diaphragme iris d'ouverture de l'illuminateur vertical pour une fente.

OPTIQUE. — *Illumination des gaz raréfiés par la décharge en haute fréquence, commandée par impulsions*. Note (*) de M. **Jean Roig** et Mlle **Agnès Buret**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Un tube sans électrodes, renfermant des gaz ou des vapeurs sous quelques centièmes de millimètre de mercure, s'illumine au centre d'une self parcourue par des courants HF de quelques dizaines de mètres; il émet généralement le spectre d'arc; il faut dépasser des puissances de 10 kW pour obtenir les raies d'étincelle. Cela nécessite des générateurs HF encombrants et coûteux. Il est préférable d'utiliser un oscillateur commandé par impulsions qui, pour une forte puissance instantanée, consomme une puissance moyenne raisonnable. Goudet, Herreng et Nief [1] ont appliqué directement les impulsions à la tension anodique; le montage nécessite un redresseur et deux gros thyratrons travaillant sous 15000 V.

Nous nous sommes proposé de commander les impulsions en basse tension en agissant sur la grille oscillatrice; nous avons également supprimé le redresseur de l'alimentation anodique et utilisé un alternateur et un transformateur 500 périodes; *l'impulsion synchronisée se déclenche en crête de tension.*

2. *Générateurs d'impulsions.* — Les impulsions sont produites par un thyratron T 884; une faible tension 500 périodes appliquée à sa grille les

(*) Séance du 20 mars 1950.

[1] *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 62.

synchronise; un jeu de condensateurs et de résistances variables et un inverseur permettent de faire varier leur phase de $-180°$ à $+180°$ et de choisir les meilleures conditions de fonctionnement. Les impulsions, amplifiées par une lampe 4 Y 25, sont transmises à la grille de l'oscillatrice par un transformateur T_2 à grande impédance, placé dans le circuit anodique de l'amplificatrice. La figure 1 représente leur forme; l'alternance positive et l'alternance négative ont pour amplitudes 300 V et 200 V.

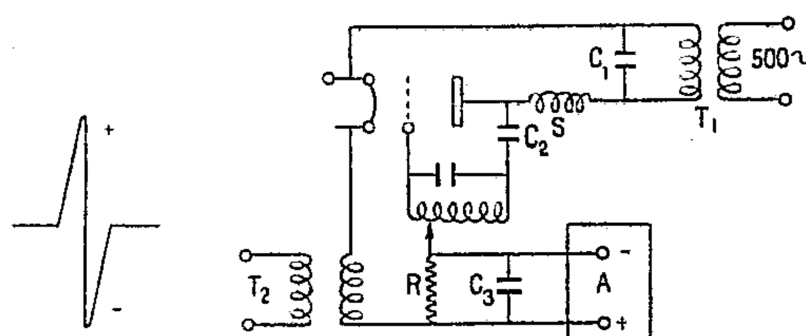


Fig. 1. Fig. 2.

T_1, transformateur HT, 500 Hz; T_2, transformateur d'impulsions; C_1, C_2, 10^{-3} µf; C_3, filtrage 4 µf; R, 200 000 Ω; A, tension de grille; S, self de choc.

3. *Oscillateur.* — La triode oscillatrice est une lampe E 756 qui peut normalement fonctionner sous une tension continue de 4000 V avec une puissance de 500 W. L'oscillateur monté en Hartley donne des ondes de 15^m. La grille est rendue fortement négative en permanence par une alimentation auxiliaire; le courant anodique est nul. Si l'anode est à 20 000 V, la lampe sera bloquée si la grille est à un potentiel négatif de 1 000 V.

La figure 2 indique le montage de l'oscillateur.

En crête de tension C_1 et C_2 sont chargés et constituent une réserve d'énergie, la grille est négative, la lampe ne débite pas. L'impulsion se déclenche; son alternance positive augmente le potentiel de grille; les oscillations s'établissent. Simultanément C_1 et C_2 se déchargent dans la lampe, la tension anodique tombe et l'alternance négative de l'impulsion de grille favorise le décrochage des oscillations.

Le réglage du potentiel optimum de la grille se fait en agissant sur le primaire du transformateur de tension de A; si l'on part d'une grille très négative et si l'on augmente lentement son potentiel, on observe dans l'ordre les régimes suivants : pas d'allumage, un éclair bref par impulsion, une série d'éclairs par impulsion, l'allumage spontané en crête de tension anodique qui subsiste en l'absence d'impulsions.

Durée des éclairs. — La stabilité du fonctionnement permet une mesure stroboscopique. Le tube éclaire une fente F; un miroir de galvanomètre M à long foyer donne de F une image fine située à 4^m de M; M est porté par la palette d'un vibreur en résonance alimenté par le 500 périodes; le vibreur

vibre à 1000 périodes; un système de capacités et de résistances permet de régler sa phase par rapport aux éclairs. Les images de la fente données par les éclairs synchronisés se font toujours au même point et sont reçues sur une plaque photographique. Nous réglons la phase du vibreur pour que l'éclair se produise quand M passe par sa position d'équilibre, c'est-à-dire quand la vitesse de balayage est maxima. La stabilité du réglage permet de faire des poses (une dizaine de secondes en général). Pour mesurer l'amplitude des déplacements de l'image, nous éclairons une extrémité de F par une petite lampe à incandescence. On en déduit la vitesse de balayage au moment de l'éclair. Si l'éclair est long, l'image de F sera très étalée. Avec une tension de 15 000 V et un tube à vapeur de mercure nous avons obtenu un étalement de 1^{cm} correspondant à 14 μs. La durée est d'autant plus brève que C_1 et C_2 sont plus faibles; on a intérêt à diminuer ces capacités et à augmenter la tension pour avoir des éclairs brefs et lumineux.

La fréquence des éclairs est généralement de 250; selon le réglage, la synchronisation s'établit sur les harmoniques et les sous-harmoniques du 500 périodes. La puissance instantanée mise en jeu dans nos essais est 10 kW, soit 20 *fois la puissance moyenne* supportée par la lampe. Nous nous proposons d'utiliser des tensions plus élevées, nous avons été limités par la résistance au claquage des condensateurs dont nous disposions.

5. *Conclusion.* — Le défaut du montage est de faire débiter en permanence l'alternateur dans C_1 et C_2; le courant est en principe déwatté, mais la résistance des enroulements de T_1 entraîne une charge assez forte pour l'alternateur.

Il serait plus rationnel d'employer un redresseur, et nous avons fait des essais satisfaisants en courant redressé, mais les valves dont nous disposions ne nous ont pas permis de dépasser 4000 volts.

Au point de vue spectroscopique, nous avons utilisé des tubes à mercure et à hélium et observé surtout des raies d'arc; nous nous proposons d'utiliser des tensions plus élevées pour observer les raies d'étincelle.

RAYONS COSMIQUES. — *La distribution zénithale de la composante pénétrante du rayonnement cosmique en fonction de l'altitude.* Note de M. **André Voisin**, transmise par M. Alexandre Dauvillier.

La distribution zénithale de la fréquence du rayonnement cosmique est étroitement liée à la distribution spectrale du rayonnement cosmique primaire et aux conditions dans lesquelles celui-ci engendre la composante des mésons.

Les mesures effectuées à basse altitude [1] (observatoire de Meudon, altitude 148^m) avec un dispositif permettant d'opérer une discrimination efficace

---

(1) A. Rogozinski et A. Voisin, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1092.

entre les composantes gerbigène et pénétrante du rayonnement cosmique ont montré que la fréquence $I(\theta)$ du *spectre intégral* de la composante pénétrante en fonction de l'angle au zénith θ, pouvait être représentée par

$$I(\theta) = I(0)\cos^{\lambda}\theta, \quad \text{où} \quad \lambda = 2,18 \pm 0,02 \quad (^2).$$

Or, comme il est d'un intérêt particulier de connaître la loi qui régit $I(\theta)$ à des altitudes différentes, des mesures du même genre et avec le même dispositif que celui utilisé à Meudon ont été effectuées dans ce but au Pic du Midi (altitude 2860^m) durant l'été 1949.

	θ.......	0°.	30°.	60°.	73°.
Pic du Midi.	$I_t(\theta)$.	$243,5 \pm 2,4$	$175,7 \pm 2,8$	$60,1 \pm 1,0$	-
	$I_g(\theta)$.	$18,7 \pm 0,6$	$16,7 \pm 0,8$	$11,2 \pm 0,4$	-
	$I(\theta)$.	$224,8 \pm 2,1$	$159,0 \pm 2,6$	$48,9 \pm 0,9$	$20,4 \pm 0,5$
	$\frac{I(\theta)}{I(0)}$.	$1 \pm 0,010$	$0,706 \pm 0,010$	$0,218 \pm 0,005$	$0,090 \pm 0,004$
Meudon.	$I_t(\theta)$.	$149,3 \pm 0,6$	$110,3 \pm 0,6$	$36,0 \pm 0,3$	$11,9 \pm 0,14$
	$I_g(\theta)$.	$6,00 \pm 0,12$	$5,80 \pm 0,15$	$3,22 \pm 0,05$	$1,93 \pm 0,06$
	$I(\theta)$.	$143,3 \pm 0,55$	$104,5 \pm 0,6$	$32,8 \pm 0,3$	$10,0 \pm 0,14$
	$\frac{I(\theta)}{I(0)}$.	$1 \pm 0,004$	$0,729 \pm 0,008$	$0,229 \pm 0,004$	$0,070 \pm 0,001$
$\frac{I_t(\text{Pic})}{I_t(\text{Meudon})}$....		$1,63 \pm 0,03$	$1,59 \pm 0,04$	$1,67 \pm 0,04$	-
$\frac{I_g(\text{Pic})}{I_g(\text{Meudon})}$....		$3,12 \pm 0,17$	$2,88 \pm 0,22$	$3,48 \pm 0,23$	-
$\frac{I(\text{Pic})}{I(\text{Meudon})}$....		$1,57 \pm 0,04$	$1,52 \pm 0,04$	$1,49 \pm 0,05$	$2,04 \pm 0,07$

Les mesures, qui font l'objet de la présente Note, concernent le rayonnement filtré par un écran P de 14^{cm} Pb et observé suivant les angles au zénith θ de 0°, 30°, 60° et 73° Est. Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau, où I_t représente la fréquence (par heure) du rayonnement total, I_g la fréquence des gerbes produites dans l'écran P plus les gerbes latérales, $I = I_t - I_g$ la fréquence de la composante pénétrante.

En traçant $\log[I(\theta)/I(0)]$ en fonction de $\log\cos\theta$, on trouve que les points expérimentaux [excepté pour $\theta = 73°$, déjà signalé (³)] se placent sur une droite ayant une pente égale à $2,20 \pm 0,04$. Il en résulte que la loi de

(²) La précision statistique a été améliorée depuis notre première Note (¹) qui indiquait $\lambda = 2,20 \pm 0,06$.

(³) A. Voisin et A. Rogozinski, *J. Physique*, 10, n° 5, 1949, p. 10 S.

distribution cherchée est de la forme

$$I(\theta) = I(o)\cos^{2,20}\theta,$$

donc pratiquement identique à celle qui correspond à Meudon.

Ce résultat est en accord avec celui de J.-F. Jenkins [4], mais diffère légèrement de celui de A. Fréon et Tsai-Chu [5] qui trouvent que l'exposant du $\cos\theta$ augmente avec l'altitude.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Détermination expérimentale des relations parcours-énergie et du pouvoir de ralentissement des émulsions nucléaires pour les particules chargées de faible énergie.* Note (*) de Mme **Henriette Faraggi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons étudié les transmutations par les neutrons thermiques du lithium [1], du bore [2] et de l'azote [3], à l'aide d'émulsions nucléaires imprégnées et développées par le procédé d'effacement partiel [1]; nous avons ainsi pu déterminer avec précision les parcours moyens des particules chargées émises dans ces réactions, sans absorption préalable et sans être gênés par le parcours du noyau de recul. On peut calculer les énergies cinétiques de ces particules à l'aide des bilans énergétiques et des valeurs précises des masses [4]. Les parcours dans l'air sont donnés par les courbes de Livingstone et Bethe [5], valables dans ce domaine d'énergie [2]. Nous pouvons alors établir les relations parcours-énergie relatives aux émulsions nucléaires et déterminer expérimentalement leur pouvoir de ralentissement pour les protons d'énergie inférieure à 1 MeV et les particules α d'énergie inférieure à 2,1 MeV.

Pour étendre ces résultats aux particules α d'énergie comprise entre 2 et

---

(4) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 992.

(5) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 753.

(*) Séance du 20 mars 1950.

(1) Faraggi, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 527 : dans les premières mesures faites sur le lithium, nous avions arbitrairement situé l'origine de la transmutation au centre de la lacune, alors qu'elle se trouve en réalité au contact de la trace la plus ionisante ; nous avions alors attribué un parcours trop court au triton; les chiffres publiés ici réparent cette erreur.

(2) Faraggi, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1223.

(3) Traces obtenues dans des émulsions Ilford EI exposées aux neutrons thermiques de la pile de Châtillon; effacement partiel provoqué par la vapeurs d'eau saturante à 30° pendant 10 minutes.

(4) Bainbridge, Rapport au 7e Congrès Solvay, 1947; Mattauch-Flammersfeld, *Tables*, Tübingen, 1949; Tollestrup et al., *Bull. of Am. Phys. Soc.*, 24, n° 4, 1949, Abst. T2.

(5) *Rev. of Mod. Phys.*, 9, 1937, p. 263; Holloway et Livingstone, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 18.

4 MeV (au delà de 4 MeV il existe de nombreuses déterminations grâce aux radioéléments naturels), nous avons utilisé le rayonnement du polonium, ralenti par des écrans d'aluminium pesés, d'épaisseur croissante. L'énergie du rayonnement à la sortie de l'écran peut être calculé, et le parcours moyen dans l'émulsion mesuré. Moins précises que les précédentes, les correspondances parcours-énergie ainsi obtenues se raccordent cependant parfaitement avec elles.

L'ensemble des résultats est contenu dans le tableau suivant :

Origine du rayonnement.	Énergie (MeV).	Parcours moyen émuls (μ).	Parcours moyen air (cm).	Pouvoir de ralentis. mesuré.	Pouvoir de ralentis. calculé.
Particules α :					
$B^{10}(n, \alpha)L^7$........	1,52 ± 0,09	5,0 ± 0,2	0,80 ± 0,05	1600	1510 à 1520
$L_i^6(n, \alpha)H^3$........	2,04 ± 0,07	6,7 ± 0,2	1,08 ± 0,04	1610	
Polonium ralenti par écrans...........	0,95 ± 0,1	3,5 ± 0,2	0,53 ± 0,1	1520	
	2,15 ± 0,1	7,2 ± 0,2	1,15 ± 0,1	1600	
	3,20 ± 0,1	11,4 ± 0,2	1,86 ± 0,1	1640	
	3,85 ± 0,1	14,2 ± 0,2	9,39 ± 0,1	1680	1740 à 1760
	4,71 ± 0,1	19,0 ± 0,2	3,20 ± 0,1	1680	
Polonium..........	5,298	22,0 ± 0,2	3,84	1750	
Protons :					
$N^{14}(n, p)C^{14}$.......	0,58 ± 0,02	6,1 ± 0,15	1,00 ± 0,02	1630	1520
$L_i^6(n, \alpha)H^3$........	0,91 ± 0,02	12,1 ± 0,06	2,00 ± 0,04	1650	
(Proton équivalent).	–	–	–	–	

Compte tenu des variations possibles pouvant provenir soit de l'observateur, soit de l'étalonnage du microscope utilisé, soit de la présence d'un élément imprégnant l'émulsion dans des proportions inférieures à 2 % en poids, *ces résultats sont valables pour toutes les émulsions nucléaires avec une précision de l'ordre de* 5 %. Des précisions très supérieures peuvent être atteintes dans une mesure particulière par étalonnage de l'émulsion même que l'on utilise.

Les relations parcours-énergie ainsi obtenues se raccordent bien avec les relations déjà obtenues pour les énergies plus élevées ([8]). Les résultats expérimentaux obtenus sont en bon accord avec d'autres travaux relatifs au lithium et à l'azote ([6]). *Mais le pouvoir de ralentissement expérimental est supérieur aux valeurs calculées* ([7]) à partir des pouvoirs de ralentissement atomiques. Une étude d'ensemble de ces questions sera publiée ailleurs.

([6]) Mortier et Vermaesen, Note n° 5 du Centre de Physique nucléaire de Bruxelles; Cuer, *J. de Phys.*, 8, 1947, p. 83.

([7]) Cuer, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1121; Webb, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 263.

([8]) Tsien-San, Tsiang, Chastel, Faraggi et Vigneron, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 571; Lattes Fowler et Cuer, *Proc. Phys. Soc. London*, 59, 1947, p. 883; Green et Livesey, d'après Feather, *Nucleonics*, juillet, 1949.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Preuves expérimentales de la recapture électronique dans les sulfures phosphorescents cristallins.* Note (*) de M. **Daniel Curie**, présentée par M. Frédéric Joliot.

En faisant agir l'infrarouge sur divers corps phosphorescents refroidis après avoir été éteints à température plus élevée, mais contenant des électrons dans des pièges très profonds, on observe une montée lente de l'émission lumineuse avant le maximum, puis après coupure de l'infrarouge une phosphorescence résiduelle très nette. Ceci est dû à la recapture par les pièges courts et moyens.

En phosphorescence, on considère des pièges, niveaux métastables à une profondeur E en dessous d'une bande de conductibilité. L'électron quitte le piège s'il absorbe l'énergie E, soit par suite de l'agitation thermique, soit par *stimulation* si le corps phosphorescent est irradié par des rayons infrarouges. Si l'électron ainsi remonté dans la bande retombe dans un piège, on dit qu'il y a *recapture* (repiégeage). L'existence de ce processus est actuellement très discutée. L'étude de la forme du déclin naturel, de la thermoluminescence, du rendement et de l'efficacité des radiations stimulantes ont conduit, soit à affirmer, soit à nier l'existence de la recapture ([1]). On en présente ici une preuve directe.

On a opéré d'abord avec un CaS(Bi), type *sulfure normal* de Lenard. Ce sulfure possède des pièges dans lesquels les électrons ont des durées de vie inférieures à 10^4 secondes et des pièges à vie exceptionnellement longue, de l'ordre de 10^6 secondes, dans lesquels se constitue une réserve d'électrons excités, que l'on peut libérer par irradiation I. R.

On excite au Wood pendant un quart d'heure; forte luminescence violette. On le porte une heure à 135°C. Il est alors très faiblement lumineux, mais quelques secondes après sa sortie de l'étuve la luminescence disparaît; il est encore à plus de 100°. Quand il a repris la température de la salle, on le soumet à l'infrarouge provenant d'une lampe à incandescence de 300 W, filtré par un verre manganèse-fer dont la transparence s'étend de $0^{\mu},8$ à 3^{μ}. Le sulfure redevient alors lumineux. On mesure sa brillance au moyen d'un nitomètre à coin optique. Elle passe par un maximum au bout de 2 minutes 15 secondes, puis décroît et s'éteint en une heure environ (courbe I).

On reprend alors l'expérience, mais on coupe l'infrarouge au moment du maximum. On observe pendant 10 minutes une phosphorescence très nette (courbe II).

On a vérifié directement que le sulfure n'est pas excité, ni par des radiations

(*) Séance du 27 mars 1650.

([1]) G. F. J. Garlick et A. F. Gibson, *Proc. Phys. Soc. Lond.*, 60, 1948, p. 574; F. Urbach, Cornell Symposium, Wiley and sons, New-York, 1948, p. 296; R. T. Ellickson and W. T. Parker, *loc. cit.*, p. 331; D. Curie, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1321.

qui auraient traversé le filtre, ni par sa propre lumière violette. D'autre part la phosphorescence résiduelle ne peut être due à un échauffement local du sulfure à plus de 100° persistant plusieurs minutes; celui-ci est placé sur une plaque épaisse d'aluminium.

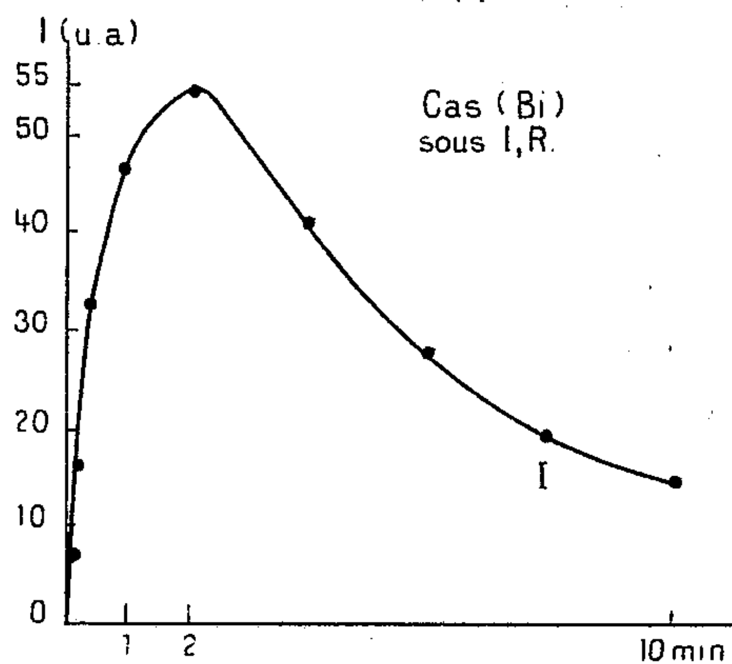


Fig. 1.

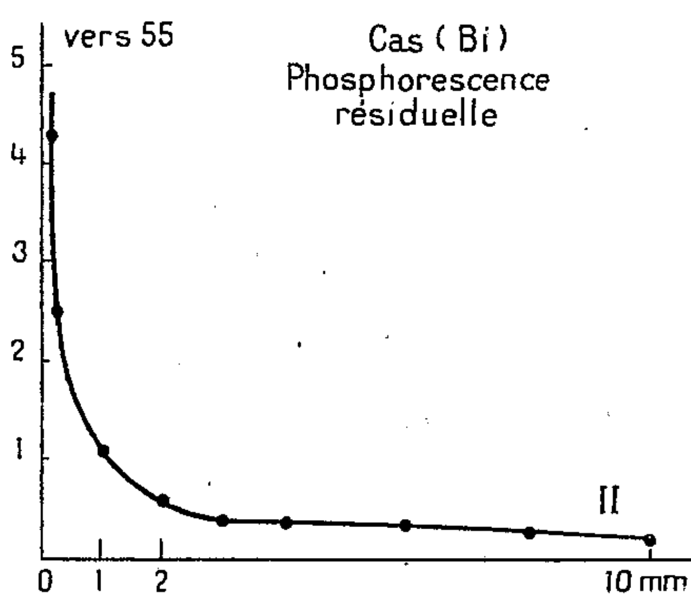


Fig. 2.

Interprétation du phénomène. — Avant stimulation, les pièges courts responsables de la luminescence visible sont vides. L'infrarouge sort les électrons restant dans les pièges longs; certains retombent dans les centres, ce qui produit l'émission de lumière sous l'infrarouge, d'autres retombent dans les pièges courts, d'où la phosphorescence résiduelle.

On peut caractériser l'importance de la recapture dans les pièges de vie $\geqq t$ par le rapport I_0/I de l'intensité de phosphorescence I_0 extrapolée au temps zéro à l'intensité I sous l'infrarouge au moment de la coupure, cette extrapolation dépendant de t, ou par le rapport L/S de la somme de lumière de phosphorescence L à la somme S libérée par l'infrarouge avant coupure. A partir de ces quantités, on peut évaluer la probabilité de recapture dans les pièges considérés (ordre de $1/4$ pour $t = 10$ secondes).

Par ailleurs, la montée de la luminescence après application de l'infrarouge s'effectue lentement alors que s'il n'y avait pas repiégeage la brillance passerait d'une manière discontinue de zéro à sa valeur maximum. Il y a donc une recapture presque totale dans les pièges de vie très courte. Ceci n'est pas incompatible avec le fait que ces pièges ne sont pas les plus nombreux, chacun d'eux pouvant servir plusieurs fois de suite.

Essais sur ZnS (Cu). — I calciné à 1100°, II à température plus basse, excités tous deux comme ci-dessus; I a été maintenu dans l'obscurité 30 minutes à 70°, II 30 minutes à 80° (*a*) ou 18 heures à 20° (*b*). Dans les trois cas, les sulfures éteints sont placés sur une plaque en aluminium maintenue à 0° pendant et après l'action de l'infrarouge. Les intensités sont (unité arbitraire) :

	Coupure infrarouge....	Après 5 secondes.	10 secondes.	30 secondes.	1 minute.	10 minutes.
I.	2,7 (20 sec)........	1,35	0,95	0,56	0,38	~0,05
II *a*.	7,2 (50 sec)........	3,5	2,5	1,20	0,76	~0,15
II *b*.	6,0 (1 m)..........	3,0	2,4	1,35	0,85	~0,1

Les nombres entre parenthèses sont les durées d'action de l'infrarouge. Pour II, la coupure est effectuée au moment du maximum; pour I, le maximum est à la troisième seconde après l'application de l'infrarouge.

L'effet du repiègeage est relativement plus important, car le ZnS est mieux cristallisé que le CaS, mais plus difficile à mettre en évidence, car il n'y a pas de pièges aussi profonds.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la sorption de la vapeur d'eau par la cellulose hydrolysée et par les micelles isolées de cellulose.* Note (*) de MM. **Bengt G. Rånby** et **Boris Grinberg**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Il est admis que la sorption de la vapeur d'eau par la cellulose dépend en particulier de sa cristallinité. On peut donc espérer qu'en modifiant celle-ci, par exemple par des méthodes chimiques telles que l'hydrolyse sulfurique, on obtienne une variation de la sorption. C'est ce qui a été fait au cours du présent travail entrepris à l'Institut de Chimie Physique d'Upsal en vue de contrôler la validité des diverses théories de la sorption de la vapeur d'eau par la cellulose.

Préparation des échantillons (B. G. Rånby). — La dégradation de la cellulose de bois et de coton, intensément étudiée ces dernières années ([1]), ([2]), ([3]), donne des produits caractérisés par des courbes de répartition à plusieurs maxima. Le premier, qui correspond à un D. P. de 70-100, est commun tant à la cellulose native qu'à la cellulose dépolymérisée. Par ébullition avec l'acide sulfurique 2,5 N, selon Nickerson et Habrle ([4]), la majeure partie de l'échantillon se rassemble sous ce maximum qui ne se déplace sensiblement pas, même après des temps de réaction prolongés (5-10 minutes à 10-20 heures).

A partir des échantillons de cellulose hydrolysée, on a préparé, par peptisation, des solutions colloïdales aqueuses de cellulose [Rånby ([5])]. Les

---

(*) Séance du 3 avril 1950.

([1]) B. G. Rånby, *Norsk Skogsindustri*, 1, 1947, p. 12.

([2]) P. O. Kinell et B. G. Rånby, *Adv. in Colloïd Sc.*, Vol. III (sous presse).

([3]) T. Svedberg, *Svensk Papperstidning*, 52, 1949, p. 157.

([4]) *Ind. Eng. Chem.*, 39, 1947, p. 1507.

([5]) *Acta Chem. Scand.*, 3, 1949, p. 649.

particules de cellulose se présentent sous forme soit de bâtonnets relativement isomoléculaires (dimensions déterminées au microscope électronique : longueur ∼ 500 Å, largeur 50 à 100 Å), soit d'agrégats de bâtonnets résolvables au microscope électronique. L'examen de ces particules, tant aux rayons X qu'au microscospe électronique, a montré qu'elles étaient très bien cristallisées (Rånby et Ribi). Il est probable que ces particules isolées ne sont autres que les cristallites ou micelles de la cellulose dont l'existence avait été suggérée par l'étude aux rayons X des fibres [*cf.* Mark ([6])]. La longueur des micelles isolées est bien celle de la chaîne qui correspondrait au premier maximum de la courbe de répartition. La cellulose hydrolysée a été lavée à l'eau distillée jusqu'à pH neutre, puis à l'alcool absolu et séchée enfin à la température de la pièce. Les micelles étaient précipitées à partir de la solution colloïdale par addition d'acide chlorhydrique dilué jusqu'à pH 2-3, lavées à l'eau distillée, puis à l'alcool absolu et séchées dans les mêmes conditions que la cellulose hydrolysée. Les échantillons une fois secs pouvaient aisément être réduits en poudre.

Mesures de sorption (B. Grinberg). — Les isothermes de sorption ont été tracées à 20° C à l'aide de balances spiralaires en fil de quartz de Mc Bain, pour des humidités relatives variant de 0 à 90 %.

Les échantillons suivants ont été étudiés : 1° Hydrocelluloses de provenances diverses et résultant de durées d'attaque variées (5, 15, 40, 60 et 90 minutes); 2° Micelles de provenances diverses.

Les résultats ont été les suivants :

a. Hydrocelluloses. —

1° Toutes les isothermes ont la forme en S classique des celluloses normales,

2° Dans tous les cas l'attaque sulfurique entraîne une diminution (pour une même humidité relative) du pouvoir sorbant; cet effet croît régulièrement avec la durée de l'hydrolyse. Dans aucun des cas, et contrairement à ce qui a été signalé par Nickerson et Harble, il n'a pu être observé d'effet maximum pour un temps d'hydrolyse voisin de 30 minutes. Les isothermes 5, 15, 40, 60 et 90 minutes sont très rapprochées les unes des autres et se situent nettement au-dessous de celle de la cellulose originelle correspondante. Cela confirme bien que la dégradation sulfurique s'accomplit presque totalement dans les premières minutes de l'attaque.

3. La sorption relative moyenne calculée entre 5 et 60 % d'humidité relative varie de 87 % pour le coton d'Égypte hydrolysé 5 minutes à 78 % pour la rayonne de viscose hydrolysée 5 minutes également. Les autres hydrocelluloses ont donné des valeurs intermédiaires.

b. Micelles. — Les isothermes ont comme précédemment l'allure sigmoïde normale. Quoique la cristallinité des micelles soit nettement plus élevée que

([6]) *J. Phys. Chem.*, 44, 1940, p. 764.

celle des hydrocelluloses, la sorption relative moyenne varie de 73 à 85 % selon les échantillons.

Le détail des résultats fera l'objet d'une publication ultérieure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Séparation des acides aminés et polypeptides à l'état de dérivés dinitrophénylés.* Note de MM. **Gérard Biserte** et **Roger Osteux**, présentée par M. Maurice Javillier.

La fixation du radical dinitrophényle par action du fluorodinitrobenzène sur les groupements NH_2 libres constitue une méthode précieuse d'identification des acides aminés terminaux des polypeptides. Son intérêt est toutefois restreint par les difficultés que présente la séparation des dinitrophénylaminoacides, ainsi qu'en témoigne la multiplicité des techniques proposées, qui vont de la chromatographie de partage sur gel de silice à la distribution à contre-courant. La chromatographie de partage sur papier semblait à première vue le procédé de choix, mais n'a pas jusqu'à présent donné toute satisfaction à cause de l'étalement des taches qui deviennent confluentes, et de la formation de traînées dues à l'adsorption sur le papier des DNP-amino-acides à radicaux non polaires (Phillips et Stephen).

Nous avons repris la question et nous avons essayé un nombre considérable de solvants, parmi lesquels trois ont pu être retenus; ce sont les phases organiques des mélanges suivants : 1° phénol-alcool isoamylique-eau (1:1:1), en atmosphère ammoniacale; 2° toluène-monochlorhydrine du glycol-pyridine-ammoniaque diluée (5:3:1:3), en atmosphère ammoniacale; 3° pyridine-alcool isoamylique-ammoniaque diluée (6:14:20). Les séparations sont réalisées en une ou en deux dimensions (par exemple avec les solvants 1 et 2 ou 1 et 3). La résolution est très satisfaisante lorsqu'on a affaire à un petit nombre de DNP-amino-acides différents, et notamment quand on cherche à identifier les groupes terminaux de polypeptides simples, ainsi qu'en témoigne l'exemple ci-dessous :

	R_F [1].	
	Solvant 1.	Solvant 2.
DNP-glycylleucine	0,76	0,49
Après hydrolyse :		
DNP-glycine	0,34	0,257
Leucine [2]	0,45	0,18
DNP-leucylglycine	0,71	0,45
Après hydrolyse :		
DNP-leucine	0,79	0,60
Glycocolle [2]	0,02	0,01

(1) R_F = rapport du déplacement du corps dissous à la distance parcourue par le front du solvant.

(2) Identifiés par la ninhydrine.

Lorsque le problème à résoudre est plus complexe, nous réalisons au préalable une *séparation de base* des DNP-amino-acides par la technique d'électrophorèse sur papier. Dans un tampon de phosphate M/30 de pH 7,0, sous un potentiel de 400 volts et après 22 à 24 heures, 4 zones sont nettement séparées : 3 zones anodiques, qui, dans l'ordre de mobilité décroissante, contiennent : 1° les acides DNP-aspartique et DNP-glutamique; 2° la plupart des acides DNP-amino-monocarboxyliques; 3° l'α, ε-*di*-DNP-lysine, la *di*-DNP-histidine et les dérivés de la tyrosine; 4° la zone cathodique est formée par l'ε-DNP-lysine et l'α-DNP-arginine. Après élution, chacune de ces zones est fractionnée par chromatographie de partage sur papier (en une ou en deux dimensions).

La résolution de certains cas particuliers est possible grâce à la mise en œuvre de techniques spéciales : par exemple, oxydation de la cystine en acide cystéique et séparation de l'acide DNP-cystéique d'avec les acides DNP-amino-dicarboxyliques par électrophorèse sur papier à pH 1,5; ou bien oxydation de la méthionine en sulfone ou sulfoxyde et séparation par chromatographie de partage, pour la distinguer de la valine; ou bien encore hydrolyse des DNP-amino-acides par l'eau de baryte saturée (Mills) et identification des amino-acides libérés par la technique habituelle.

La méthode offre enfin de grandes possibilités pour le fractionnement des mélanges complexes de polypeptides et d'amino-acides; la transformation en DNP-dérivés modifie en effet les mobilités et permet la séparation de composés dont les comportements en chromatographie directe étaient identiques. Par exemple, dans les hydrolysats pepsiques de protéines, nous avons pu observer la coexistence de leucine libre et de polypeptides riches en leucine (dans la proportion d'environ 3 molécules pour 4 radicaux d'amino-acides) et nous avons constaté que les R_F étaient rigoureusement les mêmes dans tous les systèmes de solvants; les DNP-dérivés correspondants se séparent au contraire très nettement : $R_F = 0,77$ pour la leucine, $R_F = 0,26$ pour les polypeptides (solvant n° 1).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Formosanine, rhynchophylline et mitraphylline.* Note (*) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les premières microanalyses de la formosanine, alcaloïde découvert par nous dans l'*Ourouparia formosana* Matsumura et Hayata, laissaient le choix entre les formules $C_{21}H_{26}N_2O_4$ et $C_{21}H_{24}N_2O_4$ [1]. Il en fut de

(*) Séance du 3 avril 1950.

(1) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1383.

même plus tard de celles du chlorhydrate de cet alcaloïde ([2]). Mais la base cristallisée obtenue en partant de ce chlorhydrate a fourni des valeurs microanalytiques qui s'accordent mieux avec la formule en H_{24} qu'avec celle en H_{26} ([3]). La formosanine serait donc un isomère de l'hanadamine découverte par Kondo et Oshima ([4]) dans l'*Ourouparia Kawakamii* (Hayata) Raymond-Hamet.

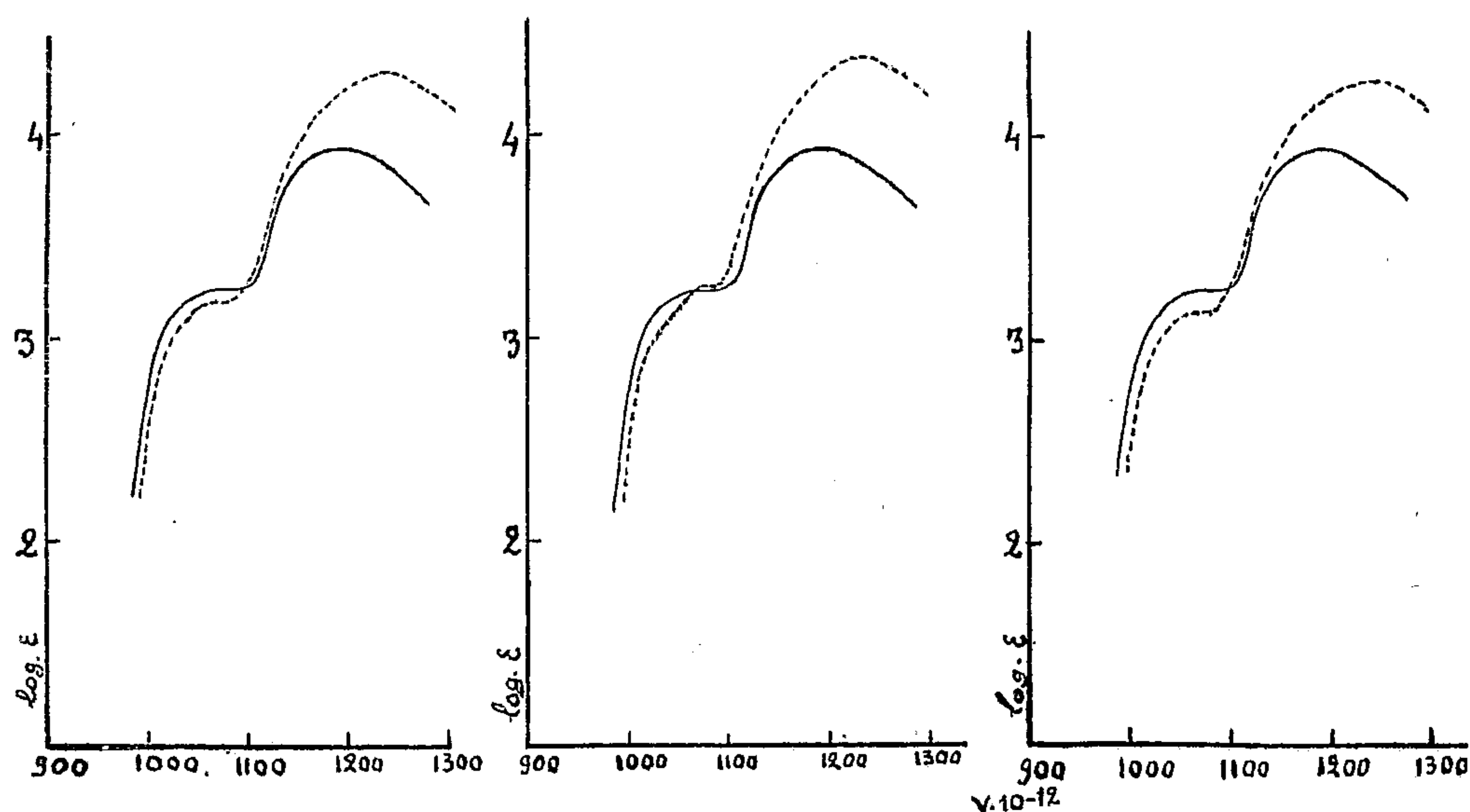


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. — ——————— Gelsémine (chlorhydrate) préparée par T. Q. Chou.
Maxima : 1060 1190 Minima : 1089
- - - - - - - Formosanine préparée par nous.
Maxima : 1060 1232 Minima : 1083

Fig. 2. — ——————— Gelsémine.
- - - - - - - Rhynchophylline préparée par Kondo et recristallisée par nous.
Maxima : 1068 1234 Minima : 1083

Fig. 3. — ——————— Gelsémine.
- - - - - - - Mitraphylline préparée par Michiels et recristallisée par nous.
Maxima : 1064 1240 Minima : 1082

Le spectre d'absorption dans l'ultraviolet de la formosanine s'est révélé

([2]) Trouvé : C 61,72, 61,95 (moyenne 61,835 %) — H 6,33, 6,29 (moyenne 6,31 %) — N 7,04; 7,04 % — Cl 8,94, 9,09 (moyenne 9,015 %).
Calculé pour $C_{21}H_{26}N_2O_4$. HCl : C 62,2; — H 6,64; — N 6,88 ; — Cl 8,73 %.
Calculé pour $C_{21}H_{24}N_2O_4$. HCl : C 62,30; — H 6,18; — N 6,92; — Cl 8,77 %.

([3]) Trouvé : C 68,41, 68,47, 68,51 (moyenne 68,463 %) — H 6,51, 6,56, 6,73, 6,78, 6,54 (moyenne 6,624 %) — N 7,53, 7,51, 7,82, 7,74 (moyenne 7,54 %).
Calculé pour $C_{21}H_{26}N_2O_4$: C 68,06; H 6,92; — N 7,56 %.
Calculé pour $C_{21}H_{24}N_2O_4$: C 68,44 — H 6,56 — N 7,60 %.

([4]) *Yakugakuzasshi*, **52**, 1932, p. 528.

si semblable à celui de la gelsémine qu'on peut admettre la présence du même chromophore dans ces deux alcaloïdes. Ajoutons, d'une part que la formosanine et la gelsémine se comportent semblablement à l'égard du réactif de Fröhde qui reste incolore quand on les y fait dissoudre, d'autre part qu'elles font l'une et l'autre apparaître, au sein du réactif de Mandelin, des colorations d'une évidente analogie. Avec la formosanine l'orangé initial passe successivement à l'orangé rabattu, au jaune orangé rabattu, au jaune rabattu, au jaune vert rabattu, au vert un peu rabattu, enfin à une nuance intermédiaire entre le vert rabattu et le bleu vert rabattu. Avec la gelsémine on obtient du rouge orangé, du rouge et de nouveau du rouge orangé, puis de l'orangé rabattu, du jaune orangé rabattu, du jaune rabattu, du jaune vert rabattu, du vert rabattu et finalement du jaune vert rabattu ([5]).

Ajoutons que les spectres d'absorption dans l'ultraviolet de la rhynchophylline ([6]) et de la mitraphylline sont pratiquement identiques à celui de la formosanine.

([5]) Toutes les colorations sont rapportées aux types du *Répertoire chromatique* de Lacouture.

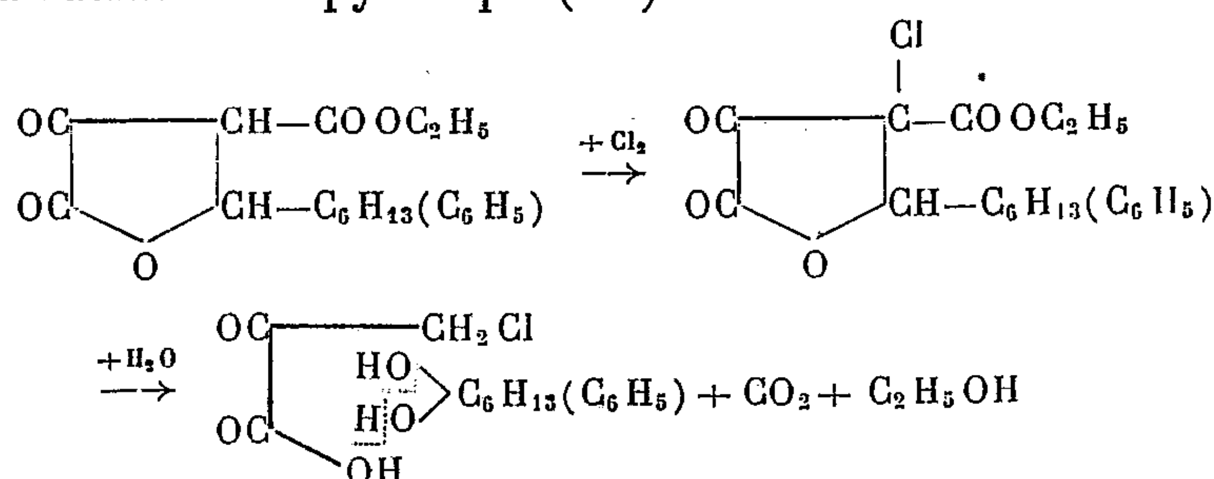
([6]) L'identité de la mitrinermine et de la rhynchophylline, que nous tenions pour certaine dés 1936 (*Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1383), s'est trouvée démontrée (Raymond-Hamet, *Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, **128**, 1938, p. 777) quand nous nous fûmes assuré qu'elles fournissent les mêmes valeurs microanalytiques, possèdent à concentration égale le même pouvoir rotatoire dans le chloroforme, montrent dans des conditions expérimentales semblables un même point de fusion qui ne varie pas si on les mélange l'une à l'autre, se révèlent semblablement toxiques chez la Grenouille, enfin font apparaître les mêmes nuances quand on les soumet à l'action des réactifs colorants des alcaloïdes. C'est donc par une fâcheuse erreur, reproduite récemment par Millat (*Ann. pharmaceut. françaises*, 4, 1946, p. 27), que Kondo Fukuda et Tomita (*Yakugakuzasshi*, 48, 1928, p. 54) ont prétendu que la rhynchophylline colore l'acide sulfo-molybdique en bleu qui passe au vert, alors que l'échantillon de rhynchophylline que nous a envoyé Kondo lui-même laissait le réactif de Fröhde parfaitement incolore, tout comme la mitrinermine. Ajoutons que l'identité de la rhynchophylline et de la mitrinermine a été d'ailleurs confirmée par Barger, Dyer et Sargent (*Journ. of org. chem.*, 4, 1939, p. 418).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mode de préparation de l'acide chloropyruvique.* Note (*) de MM. **Henry Gault, Jean Suprin** et **Roger Ritter**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans deux Notes antérieures (1) nous avons décrit la préparation des esters hexyl- et phényl-halogénocétoparaconiques par action directe des halogènes sur les esters cétoparaconiques correspondants (I).

Les esters hexyl- et phényl-chlorocétoparaconiques (II) s'hydrolysent avec une extrême facilité sous l'action des agents alcalins les plus faibles en conduisant, entre autres, aux acides hexyl- et phényl-chloracryliques.

L'hydrolyse par les acides minéraux dilués n'est pas moins facile, mais au lieu qu'elle détermine la scission oxalique du cycle cétoparaconique, elle porte surtout sur le chaînon aldéhydique initial en donnant naissance, dans les deux cas, à l'acide chloropyruvique (III).



Mode opératoire. — On porte et maintient à l'ébullition jusqu'à cessation du dégagement de gaz carbonique, un mélange hétérogène de l'ester hexyl- ou phényl-chlorocétoparaconique avec de l'acide chlorhydrique à 50 %. Après refroidissement, le liquide se sépare en deux couches. La couche supérieure est une solution aqueuse chlorhydrique d'acide chloropyruvique, la couche inférieure, dense et huileuse, étant une solution d'œnanthol dans l'ester hexyl-chlorocétoparaconique non entré en réaction ou, respectivement, de benzaldéhyde dans la phényl-chlorocétobutyrolactone, formée par une réaction d'hydrolyse concomitante. Par évaporation de la couche aqueuse au bain-marie sous pression réduite, on recueille l'acide chloropyruvique à l'état solide (F 57-58°).

Le rendement de transformation est, avec l'ester hexyl-chlorocétoparaconique et avec l'ester phényl-chlorocétoparaconique, de 40 %.

L'œnanthol et, respectivement, le benzaldéhyde peuvent être extraits de leurs solutions par des techniques appropriées.

(*) Séance du 3 avril 1950.

(1) H. Gault et J. Suprin, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 86; H. Gault et R. Ritter, *Ibid.*, **226**, 1948, p. 816.

GÉOLOGIE. — *Subsidence et transgressions dans la Vanoise (zone du Briançonnais au Nord de l'Arc).* Note (*) de M. **François Ellenberger**, présentée par M. Maurice Gignoux.

L'histoire paléogéographique de la zone du Briançonnais, établie pour la première fois au Nord de l'Arc. Ses épisodes cruciaux : subsidence et intrusions basiques permo-houillères; inversion de subsidence à la fin du Trias; fosse liasique *pré-piémontaise*; mouvements anté-Dogger et signification du Dogger à *Mytilus*; transgressions du Malm et du Crétacé supérieur : absence d'un vrai Flysch transgressif.

On sait que M. Gignoux, se fondant sur ses propres observations et sur celles de W. Kilian, L. Moret et E. Raguin, a montré depuis longtemps ([1]) l'insuffisance de la stratigraphie de P. Termier dans la Vanoise et la Haute Tarentaise, attribuant au Trias toute la couverture mésozoïque des massifs permo-houillers. J'ai enfin pu depuis 1946 élucider en détail, avec fossiles à l'appui, la stratigraphie de la zone briançonnaise entre l'Arc et le parallèle Tignes-Nancroit ([2]), dans le sens général prévu par M. Gignoux.

On peut distinguer deux zones longitudinales de faciès :

la *Vanoise externe* montre une stratigraphie homologue de celle du Briançonnais classique (et, surtout dans le secteur médian du Pralognan, de celle des Médianes rigides de Suisse);

la *Vanoise interne* serait homologue de la bordure orientale du Briançonnais (zone Vanoise-Chaberton de M. Gignoux).

1° *Subsidence houillère, transgressions permiennes.* — Le *Houiller* extrêmement épais s'enrichit vers l'Est de masses intrusives basiques puissantes et répétées (anciens gabbros) et de lentilles de quartzites grossiers. Au-dessus et en concordance apparente probablement trompeuse, l'on reconnaît un *Permien inférieur*, ancien Verrucano, lui-même très puissant, avec intrusions acides ou basiques locales. Enfin j'appellerai *Permien supérieur* une série typique de quartzites sériciteux grossiers et de séricitoschistes argentés ou verdâtres. Elle est toujours liée à la base du Trias et semble discordante et transgressive sur tous les termes précédents ([3]).

2° *Subsidence triasique, régression norienne.* — La même subsidence se poursuit au Trias (plus de 1 000^{m} de couches lagunaires ou néritiques), mais cesse vers la fin du Carnien. Le Norien semble faire défaut : la zone briançonnaise, qui était depuis le Houiller un fossé quasi géosynclinal, va devenir au

---

(*) Séance du 3 avril 1950.

([1]) *Voir* principalement M. Gignoux, *Trav. Lab. géol. Grenoble*, 1929, p. 98-142.

([2]) *Voir* F. Ellenberger, *Comptes rendus Somm. S. G. F.*, 1947, 1948 et 1949; *Comptes rendus des collaborateurs Serv. Carte géol. Fr.*, campagne 1948 (sous presse).

([3]) *Voir* M. Gignoux et L. Moret, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 853-856.

contraire une aire géanticlinale, plus ou moins accidentée [c'est à peu près la *Relief Umkehrung* de Jenny ([4])].

3° *Transgression rhétienne, fosse pré-piémontaise.* — La *transgression rhétienne* correspond au retour de la mer, avec reliefs naissants (brèches), mais d'abord sans subsidence notable : le Lias inférieur, surtout conservé dans la Vanoise interne, est une croûte néritique peu épaisse, coupée de lacunes et de bancs à Polypiers ou à coquilles triturées. Puis subitement au Lias moyen le régime change : la Vanoise externe paraît émerger; une fosse profonde se creuse sur la Vanoise interne (*fosse pré-piémontaise*), où se dépose une puissante série d'allure bathyale : calcaires à zones siliceuses, calcschistes siliceux à Bélemnites, parfois microbrèches. Cette série (Lias supérieur?) paraît transgressive de l'Est vers l'Ouest.

4° *Transgression du Dogger à Mytilus.* — Au début du Dogger, toute la région émerge avec ondulations du sol créant des reliefs, bientôt aplanis par pénéplanation continentale. *La mer reviendra de l'Ouest* : c'est la transgression du Dogger à *Mytilus*, discordant sur le Trias (ou parfois le Lias inférieur) dans la Vanoise externe. Ces faciès lagunaires, en bordure orientale de la mer dauphinoise et sub-briançonnaise, ne s'expliquent que par une terre émergée plus à l'Est (apport d'eau douce pluviale, de débris végétaux, etc.). A leur base, un niveau de schistes charbonneux, peu épais à l'Ouest, s'enrichit vers l'Est de lentilles quartziteuses; ces quartzites charbonneux, parfois conglomératiques, deviennent puissants aux abords de la Vanoise interne et reposent localement en discordance angulaire sur le Lias supérieur. Plus à l'Est encore, ils manquent brusquement, probablement détruits par la transgression du Malm. Ainsi, conformément aux idées de Jenny, il semble que des mouvements orogéniques embryonnaires aient fait émerger au Dogger une partie du domaine pennique interne, terres piémontaises émergées fournissant les apports détritiques siliceux précités.

5° *Transgression du Malm.* — Le Malm (calcaires gris à lentilles zoogènes locales) repose dans la Vanoise externe, tantôt en concordance et continuité apparente sur le Dogger à *Mytilus*, tantôt en discordance notable sur le Trias (avec souvent un joint d'anciennes argiles latéritiques à sa base). Dans la Vanoise interne, il repose souvent en discordance sur le Lias supérieur. Le faciès Guillestre et les brèches de base manquent, sauf dans la région de Tignes, où le Malm est très peu épais.

6° *Transgression néocrétacée.* — Le Crétacé inférieur manque partout ou se confond avec le Malm. Le Crétacé supérieur à Rosalines est transgressif sur le Malm, transgression pélagique avec hard-ground ferrugineux ou phosphaté basal fréquent, mais pas de brèches. Au sommet il passe de façon continue et

---

([4]) *Die alpine Faltung*, Berlin, 1924, p. 107-126.

concordante à une sorte de Flysch noir peu épais (*Schistes de Pralognan* = Crétacé terminal ou Éocène inférieur?).

Conclusion. — Depuis la transgression du Malm, la subsidence restant médiocre et calme, les faciès sont désormais quasi identiques en Vanoise externe et en Vanoise interne. La *fosse pré-piémontaise*, d'histoire brève, n'aura été qu'un épisode de subsidence énergique localisée, prémonitrice des mouvements du début du Dogger, ceux-ci moment capital de l'embryotectonique pennique; l'autre événement crucial a été l'arrêt, puis le renversement de subsidence à la fin du Trias.

LITHOLOGIE. — *Étude polarimétrique de la lumière renvoyée par quelques sables et limons.* Note (*) de MM. **Audouin Dollfus** et **André Cailleux**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

La courbe de polarisation des sables dépend principalement de l'opacité et de l'état de surface, et aussi de la dimension. Elle permet de distinguer les différents types de grains et laisse présumer l'absence de sables et limons quartzeux à la surface de la Lune, Mars et Mercure.

Cherchant à préciser numériquement les propriétés des grains de sables telles que leur état de surface ([1]), nous avons appliqué la méthode d'analyse polarimétrique de B. Lyot ([2]). L'échantillon est caractérisé par sa *courbe de polarisation* (*fig.* 1, 2 et 3), obtenue en l'éclairant et mesurant la proportion ‰ de lumière polarisée P dans diverses directions, la normale à la surface restant bissectrice de l'angle V des directions d'éclairement et d'observation.

Lorsque la lumière incidente naturelle I rencontre un grain, une partie I_s est renvoyée par la surface et acquiert par réflexion ou diffusion une polarisation P_s généralement forte dans certaines directions et qui varie beaucoup avec l'état de la surface. Le reste I_i pénètre à l'intérieur du grain, est soumis à réfraction, réflexion, absorption, et ressort affaibli, avec intensité τI_i et polarisation P_i généralement très faible (la biréfringence de la matière la réduit encore, en moyenne, de moitié). La proportion P de lumière polarisée observée résulte de la composition de ces deux effets : $P = (I_s/I_i . P_s + \tau P_i)/(I_s/I_i + \tau)$. τ varie fortement avec l'absorption et la dimension des grains, faiblement avec leur structure et juxtaposition. I_s/I_i dépend principalement de l'indice de réfraction, légèrement de l'état de la surface.

Sur des sables quartzeux rendus bien transparents par dissolution à HCl de leur enduit ferrugineux, $\tau = 1$, P varie peu avec la nature des grains, les courbes de polarisation d'échantillons très divers restent généralement sem-

(*) Séance du 27 mars 1950.

([1]) A. Cailleux, *Mém. Soc. Géol. Fr.*, nouv. série, n° 46, Paris, 1942.

([2]) *Thèse*, Paris, 1929, *Ann. Observ. de Meudon*, 8, I, *cf.* p. 42, 55 et 100.

blables (*fig.* 1). Sur matière opaque au contraire (sable volcanique non usé) $\tau = 0$, P_s subsiste seul et provient surtout de la réflexion, la polarisation maximum est très élevée (*fig.* 2, SV); la courbe débute par une polarisation négative principalement due aux diffusions multiples rapprochées d'un grain sur l'autre (elle devient faible, en effet, lorsque les grains sont observés en chute libre dans l'air). Les sables quartzeux naturels plus ou moins teintés par

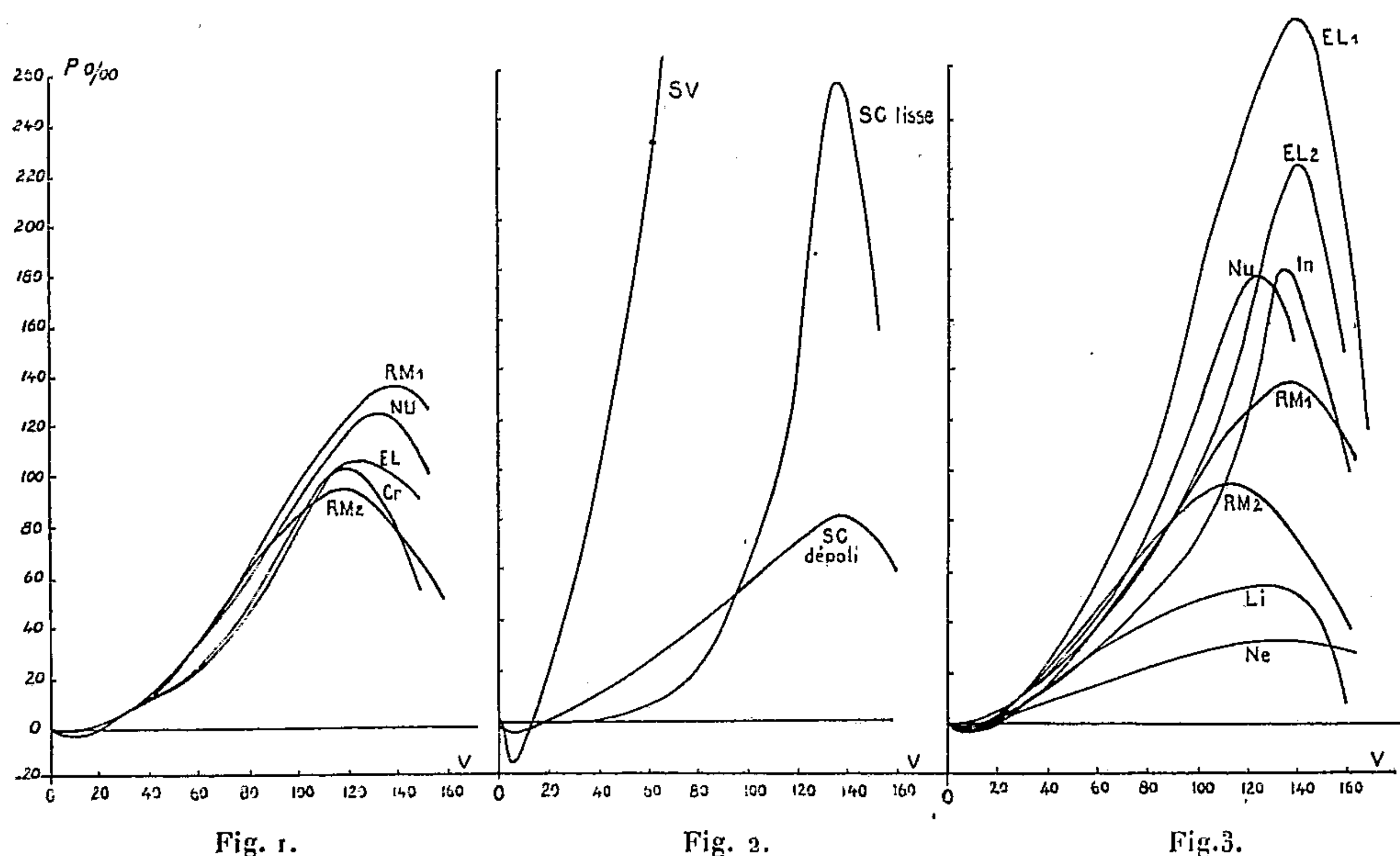


Fig. 1, 2 et 3. — Cr, Frederikshaab, Groenland, cryoconite; EL, Diest, Diestien marin; EL 1, Croix-de-Vie, marin, act.; EL 2, Bruxelles, Bruxellien marin; In, Le Pyla, marin repris dans dune act.; Li. Pessines, Quat; Ne, Saint-Maur, Lutétien; NU, Lyon, fluv., Quat; RM 1, Hoerdt, fluv., Quat; RM 2, El Kheneg, dune act.; SC, 50 km W d'Alexandrie, act.; SV, Kirkjubaejarklaustur, Islande, fluv. act.

l'oxyde de fer sont partiellement absorbants au voisinage de la surface; lorsqu'ils sont débarrassés, par lavage, de leurs poussières, leurs courbes de polarisation, intermédiaires entre les deux cas précédents, dépendent de l'aspect de la surface (*fig.* 3) : le maximum est élevé pour les émoussés-luisants EL (240 ‰), moyen pour les non usés NU (180 ‰) et faible pour les ronds-mats RM (120 ‰). Il est très faible (35 ‰) sur des cristaux fortement diffusants (*fig.* 3, Ne). Lorsque la matière est partiellement absorbante ou diffusante, dans la masse, la polarisation dépend beaucoup de τ; sur l'opale grossièrement concassée, elle est d'autant plus grande que la substance est plus diffusante, mais reste inférieure à 42 ‰ lorsque l'opale est finement pulvérisée. Sur des sables calcaires oolithiques ([3]), la polarisation maximum (*fig.* 2, SC)

([3]) R. D. Crommelin et A. Cailleux, *Comptes rendus Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1939, p. 75-76.

passe de 260 ‰ à 80 ‰ suivant que les grains sont à l'état naturel, émoussés-luisants, ou bien au contraire dépolis après légère dissolution dans HCl. Sur grains très fins (limons quartzeux), elle reste très faible (48 ‰), probablement par suite des diffusions simples et multiples (*fig.* 3, Li).

Au total, et sous réserve que les grains soient suffisamment et également absorbants, la valeur du maximum de la courbe de polarisation permet de chiffrer les aspects émoussé-luisant, non-usé et rond-mat (*fig.* 3), jusqu'ici connus qualitativement. De plus, la différence très nette entre toutes les courbes obtenues ici avec celles de la surface de la Lune (2), de Mercure (4) et des régions claires et sombres de Mars (2), (5), permet d'affirmer l'absence du quartz et du calcaire en formation meuble abondante dans les premières couches de la surface de ces astres. Rappelons que M. Lyot a montré que ce sont les cendres volcaniques, de nature silicatée, qui s'accordent le mieux, jusqu'ici, avec les polarisations observées.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la courbe hypsographique.* Note (*) de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Outre ses deux maxima de fréquence dont l'un, au voisinage de la cote zéro, est imposé par l'action de l'érosion et de la sédimentation, la courbe hypsographique présente une particularité remarquable : elle est telle que le niveau eustatique des Océans soit quasi indépendant du volume des glaces continentales.

1. La courbe hypsographique (H) ne correspond pas à une répartition de Gauss. Elle présente deux maxima, l'un pour les grandes profondeurs, l'autre vers la cote zéro. Un globe constitué par des couches régulières dont la densité croîtrait avec la profondeur, aurait une courbe (H) réduite à un point (océan mondial de profondeur constante). La différenciation altitudinaire, c'est-à-dire l'existence des continents, exige une source d'énergie : on a invoqué des phénomènes thermiques internes (courants de convection) ou externes (1).

Quel que soit le *moteur* M responsable de l'ascension des masses continentales, dès qu'une zone émerge de l'océan, le système érosion-sédimentation provoque une concentration au voisinage de la cote zéro; donc, même si M produit une répartition de Gauss, celle-ci est modifiée par la formation d'un maximum secondaire. Cette remarque a été présentée indépendamment par M. Jean Goguel (2) et par nous (3).

---

(4) B. Lyot, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 425 et *Thèse*, p. 42.

(5) Audouin Dollfus, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 331.

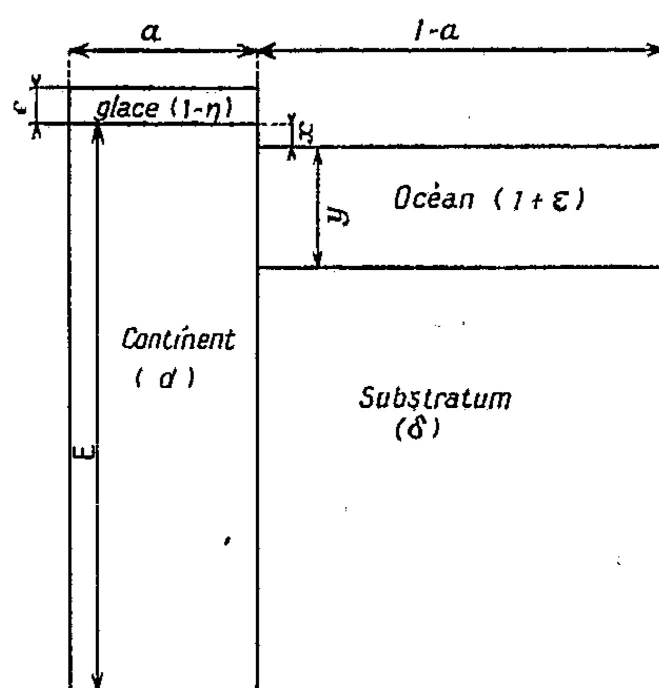
(*) Séance du 20 mars 1950.

(1) Lagrula, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1817.

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 219.

(3) *L'isostasie et les lignes de rivage*, Communication au C. O. E. C. de Casablanca (Mai 1949) à l'impression (Service Hydrographique de la Marine).

2. La courbe (H) possède une autre particularité; l'origine des transgressions marines est, pour les partisans de l'eustatisme, la fusion des glaces continentales. Or un tel phénomène a pour conséquences non seulement une augmentation du volume océanique, mais encore des mouvements verticaux (réajustements isostatiques). Une transgression momentanée d'amplitude verticale uniforme ne se produirait que dans le cas limite d'une fusion instantanée. Une fusion progressive accompagnée de réajustements provoque des transgressions variées et même des régressions locales ([3]) pour les compartiments continentaux les plus affectés par la fusion.



C'est le résultat statistique de cette dernière qui est remarquable : une fois les réajustements terminés, le niveau eustatique des océans est sensiblement le niveau initial. Procédons en effet à une représentation schématique de (H), en ne considérant que deux moyennes altitudinaires, celles des continents x, celle des fonds océaniques $-y$. Ce faisant on ne s'écarte presque pas de la répartition réelle. Comme nous avons en vue un résultat statistique, nous pouvons remplacer la glaciation réelle par une glaciation fictive, d'épaisseur uniforme e pour la surface totale a des continents (celle du globe est prise comme unité). La densité de la glace étant $1-\eta$, celle des océans $1+\varepsilon$, celle des masses continentales d, celle du substratum δ, nous avons l'équation d'équilibre suivante, où E désigne l'épaisseur continentale, et où les océans sont censés reposer directement sur le substratum, ce que semblent indiquer, en première approximation, les données de la géologie et de la séismologie :

$$Ed + e(1-\eta) = y(1+\varepsilon) + (E - x - y)\delta.$$

En différentiant cette relation, et en écrivant que la fusion ne modifie pas la masse de H_2O, on a :

$$\Delta e(1-\eta) = \Delta y(1+\varepsilon) - (\Delta x + \Delta y)\delta$$
$$\Delta e a(1-\eta) + \Delta y(1-a)(1+\varepsilon) = 0.$$

Éliminons Δy; il vient :

$$\Delta x = \frac{(1-\eta)(a\delta - 1 - \varepsilon)}{(1+\varepsilon)(1-a)}\Delta e;$$

Δx est nul si

$$a = \frac{1+\varepsilon}{\gamma}.$$

Or $\varepsilon = 0{,}03$ et on admet généralement pour δ la valeur 3,27. D'où $a = 0{,}315$. Quelle est la valeur réelle de a? Les données suivantes ([4]) :

Altitude (km).	Pourcentage.
> 3	1,2
de 2 à 3	2,0
1 2	4,7
0 1	21,3
— 1 0	8,5

permettent de construire la courbe donnant le pourcentage surfacique des altitudes supérieures à une valeur déterminée. Si cette dernière est égale à $-0^{km},2$, on trouve $a = 0{,}315$. Un tel choix revient à adjoindre aux continents leurs marges jusqu'à l'isobathe 200^{m}.

La notion de plateau continental et les évaluations bathymétriques d'une part, la valeur de δ d'autre part ne sont pas assez précises pour assurer la troisième décimale sur a (ni même sans doute la deuxième). A l'incertitude près des données actuelles, la courbe (H) est telle que le niveau eustatique des océans est indépendant du volume des glaces continentales. Le volume des glaces flottantes est lui aussi évidemment sans influence.

Il paraît difficile, pour le moment, de savoir si cette remarquable propriété est fortuite ou imposée au fonctionnement du *moteur* M.

MÉTÉOROLOGIE. — *Nouvelles observations sur les tourbillons de sable d'axes verticaux.* Note de M. **Jean Lacaze**, présentée par M. Charles Maurain.

En terrain plat de couleur uniforme, une traînée sableuse peut devenir un tourbillon d'axe vertical, au passage d'une dénivellation. Plusieurs traînées simultanées sont associées en quinconces. Les contrastes de couleur du sol, le relief, la direction et la force du vent, déterminent la genèse, la puissance et le cheminement des tourbillons en une région donnée.

Les constatations suivantes, doublées par des films en noir et en couleur, ont été faites, à Tamanrasset (depuis 1941), au Djebel Aïssa (juillet 1944), à Ouargla (septembre-octobre 1948), à Fez (juin 1949), à El Goléa (février-mars 1950), et le long de la piste Tamanrasset-Alger (mars 1950) :

---

(4) A. Wegener, *La genèse des continents et des océans*. Traduction Lerner, 1937.

1° Dans la région centrale d'un terrain plat, de couleur uniforme, les traînées de sable provoquées par le vent ont un mouvement de translation rectiligne accompagné d'oscillations transversales; celles-ci semblent imputables à la viscosité de l'air; leur amplitude est fonction de la vitesse du vent, de la grandeur et de l'espacement des petites aspérités du sol (cailloux) souvent très régulièrement placées au Sahara. Lorsque dans un même lieu d'observation, il y a plusieurs traînées simultanées, elles sont disposées en quinconces; il est à remarquer que la disposition en quinconces est très fréquente, sinon générale, pour les champs de petites dunes en voie de formation.

2° Un terrain n'est jamais géométriquement plat, même au Sahara, où les pentes sont pourtant très faibles (Malory). Les dénivellations, même très douces, peuvent provoquer l'incurvation des traînées sableuses, qui restent cependant parallèles de sorte que l'on semble avoir affaire à des ondes circulaires, mais il est souvent impossible de déterminer le changement de pente responsable et de le mettre en évidence photographiquement.

3° Les tourbillons qui ont ainsi pris naissance sont petits et très aplatis et demeurent associés à des traînées qui peuvent ne pas présenter de rotation. Leur sens est indifférent (Guieu). S'il s'en produit simultanément plusieurs, ils sont disposés en quinconces. Ils peuvent se dilater ou se rétrécir (dans ce dernier cas, ils s'élèvent alors un peu). Le rétrécissement provoque la contraction vers le centre des ondes circulaires, d'où l'effet de *coups de balai* successifs déjà décrit (1).

4° Un terrain plat, de très grandes dimentions (Tadmaït), peut contenir des lits d'oued, dont la couleur est en contraste violent (parfois presque blanc contre noir) avec celle de l'ensemble de la région. Il peut, si la direction et la force du vent sont favorables, s'y former des tourbillons à grand développement vertical (1). Il peut s'en former également à la limite d'un reg et d'un erg, ou en bordure d'éboulis. Ces tourbillons, entraînés par le vent dominant (constatation déjà faite par d'autres auteurs), peuvent être aperçus de très loin (difficultés de l'appréciation des distances et des hauteurs au Sahara) sans que leurs observateurs (Lhote, Blanc-Guernon) aient pu déterminer leur lieu de formation. Plusieurs de ces toubillons peuvent être simultanés; je n'ai pu savoir s'ils étaient disposés en quinconces (absence de belvédères), mais ils ont des cheminements parallèles.

De même, et toujours en terrain plat très étendu, il peut exister des îlots (plaques de boue séchée par exemple) ayant un albedo très différent de celui du terrain avoisinant, d'où la possibilité de naissance de tourbillons de poussière; par vent général très faible, ces tourbillons peuvent tourner autour de l'îlot (vu par Péré à Amguid; observé personnellement à Rocher de Sel).

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 425 et 1534.

5° En terrain accidenté de couleur uniforme (région d'In-Amguel, Mzah), les tourbillons sont du type discoïdal aplati ou à faible développement vertical, et de diamètre plutôt réduit; leur cheminement est souvent difficile à suivre; on peut seulement affirmer qu'ils sont encore guidés par le vent dominant; ils peuvent franchir des cols.

6° Les terrains accidentés à forts contrastes de couleurs (Hoggar, Aïr) sont ceux où l'on voit les plus beaux tourbillons (Kilian, Cousin). Le choix d'un belvédère permanent peut toutefois y être difficile, car les trois facteurs importants : relief, vent (direction et force), différences d'albedo, s'allient de façons très variées, et l'on a très rarement l'occasion de voir des familles de tourbillons se produisant à point nommé de façon continue (Pierrot, Leprêtre). Il en résulte que l'on ne peut effectuer que par hasard des mesures (température, pression, etc.) sur les tourbillons; on peut se tromper de plusieurs kilomètres sur leur lieu de formation et celui-ci est à la fois changeant et d'accès souvent impossible pour une voiture automobile; dans une région comme celle de Tamanrasset, des mesures aériennes (avion, planeur) seraient en outre fort dangereuses; d'ailleurs, il est à craindre, en dehors de l'inertie des appareils et des dépenses prohibitives qu'elles nécessiteraient, que de telles mesures n'apportent aucun renseignement réellement nouveau par rapport à la pure observation; il semble bien préférable, à tous points de vue, de reprendre la question en soufflerie de façon à compléter les expériences de Weyher. J'ai observé également, à Tamanrasset, la formation simultanée ou à courts intervalles de temps, de deux ou trois tourbillons importants, à cheminements parallèles, le plus souvent décalés.

Une théorie d'ensemble de ces phénomènes sera incessamment publiée.

En mars 1950, j'ai observé plusieurs tourbillons doubles [1], à tourbillon visible extérieur peu développé, de sorte que la parenté avec les trombes marines était frappante (le tourbillon intérieur visible est ici ascendant). Les films pris à Ouargla sur des ballons tarés confirment l'existence de tourbillons invisibles descendants, à l'intérieur des tourbillons visibles, le raccordement se faisant au niveau du sol.

Le vent en altitude n'intervient pas; par contre, l'ennuagement et les bancs de brume sèche ont une grosse influence sur l'importance et la répartition de l'échauffement du sol.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'existence de deux zones de végétation dans le Bassin Houiller de Ronchamp (Haute-Saône)*. Note (*) de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Étudiant depuis quelques années les problèmes géologiques posés par le gisement des mines de Ronchamp ([1]), j'ai toujours cherché à différencier la flore de l'assise inférieure de Mourière de celle de l'assise supérieure de Ronchamp. Stratigraphiquement ces deux formations sont nettement séparées par les *grès et poudingues talqueux*. Au point de vue paléobotanique on n'a aucun renseignement sur la flore des anciens puits de Mourière fermés depuis près d'un siècle et les carottes du Sondage de Froideterre (en grande partie perdues) n'ont pas permis d'établir directement et d'une façon formelle si l'Assise de Mourière représentait bien le Stéphanien inférieur (flore classique dite de Rive-de-Gier dans le Bassin de Saint-Étienne).

Chargé d'une mission des Charbonnages de France à Ronchamp en 1949, j'ai pu faire quelques progrès paléontologiques sur les affleurements de Mourière. La coupe naturelle de la berge du ruisseau de Mourière donne au toit d'une petite couche une flore restreinte : *Pecopteris polymorpha*, Brongn.; *Cordaites lingulatus*, Grand'Eury; *Annularia sphenophylloides* Zenker, ce qui confirme mes déterminations sur les débris du sondage de Froideterre ([2]). On a écrit ([3]) que l'assise de Mourière donnant des houilles très pyriteuses pouvait être du Culm ou du Stéphanien inférieur. Le doute n'est plus possible, il s'agit bien de Stéphanien. Les dépôts schisto-gréseux avec passée charbonneuse de Mourière sont surmontés par un beau conglomérat à galets de quartz et d'orthophyre rouge.

On peut établir, grâce aux études de Trautmann ([4]), que les anciens travaux du Puits de la Croix de la Fille creusé sur les flancs du Mont de Vanne ont porté à la fois sur les assises de Ronchamp et de Mourière. La houille était sortie sur les déblais du Culot où l'on exploitait par ailleurs une couche de houille reposant directement en discordance sur le Tournaisien (faciès Culm). Au Culot les débris végétaux abondent : *Pecopteris cyathea*, Sch.; *Pecopteris polymorvha*, Brongn.; *Odontopteris Reichi*, Gutbier; *Alethopteris Grandini*, Brongn.; *Pecopteris dentata*, Brongn.; *Pecopteris arborescens*, Schl. (T. A.); *Annularia sphenophylloides*, Zenker. Or, à Ronchamp même, dans le faisceau supérieur du Bassin, on trouve encore un peu de *Pecopteris arborescens* mélangé à *Pecopteris cyathea*. Ici, au Culot, *Pecopteris arborescens* est plus abondant sur

---

(*) Séance du 3 avril 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1016-1018 et 225, 1947, p. 1339-1341.

([2]) *Compte rendu sommaire Soc. Géol. France*, p. 341-342, 15 décembre 1947.

([3]) Desrousseaux, *Statistique Industrie Minérale*, 1939.

([4]) *Études des Gîtes minéraux de la France*, Paris, 1885

un déblai qui résulte d'un mélange des deux assises. Cet excédent de *P. arborescens* ne peut être que fourni par l'assise de Mourière qui est ainsi datée indirectement comme faisceau de Rive-de-Gier.

Dans les exploitations actuelles de Ronchamp, d'amples récoltes faites en 1949, tant par mes élèves MM. Bense et Heurtebize que par moi-même, permettent de compléter les listes précédemment publiées. Outre une grande abondance de *Pecopteris dentata*, Brongn.; *Pecopteris polymorpha*, Brongn., on trouve encore *P. cyathea*, Schl.; *P. aff. integra*, Andrae; *P. unita*, Brongn. Parmi les Aléthopteridées, il y a, en plus de *Alethopteris Grandini*, Brongn.; *Callipteridium ovatum*, Brongn.; *Callipteridium gigas*, Gutbier; *Pecopteridium Costei*, Zeiller sp.; Parmi les Neuroptéridées nous signalerons *Neuropteris* cf. *Planchardi*, Renault et Zeiller; *Mixoneura neuropteroides*, Gœppert (rare), enfin *Odondopteris genuina*, Grand'Eury. Parmi les Coniférophytes, il existe des rameaux de *Walchia pinniformis*, Schl. et *Dicranophyllum gallicum*, Grand'Eury.

Notons au toit de la première couche un horizon de schiste bitumineux (ardoise des mineurs) très constant, lequel a fourni trois débris de poissons appartenant aux genres *Elaveria* et *Amblypterus*, dont *Amblypterus Euryi* Svg., au puits du Magny. Le toit de la couche intermédiaire contient des grès blancs avec grande fronde de *Pecopteris cyathea* Schl. (typique).

Dans la cuvette de l'Etançon, sur le bord nord du Bassin de Ronchamp, la flore est sensiblement la même que dans la cuvette de Ronchamp. Il y a toutefois plus de Cordaïtes à l'Etançon et des fougères plus macérées au puits Arthur de Buyer. C'est là plutôt une question de sédimentation et de massifs de végétation. La région des murs à radicelles, située en bordure du lac stéphanien dans la colline sous-vosgienne, semble avoir été entièrement enlevée par l'érosion quaternaire.

La présence de *Pecopteridium Costei*, *Callipteridium gigas* et *Odonpteris Genuina*, plantes courantes dans la partie supérieure des couches de Saint-Étienne (Blanzy), tend à nous montrer que l'Assise de Ronchamp n'est pas tellement intermédiaire entre la flore de Rive-de-Gier et celle de Saint-Étienne. Mais la particularité de Ronchamp consiste à montrer la persistance de l'espèce *P. arborescens* (d'ailleurs peu abondante) dans le Stéphanien moyen. La même constatation peut être faite à Champagnac, dans le grand sillon du Massif Central. Ce Stéphanien moyen de la Haute-Saône se termine par les argilolites rouges à *Cordaïtes lingulatus*, *P. cyathea*, *Odontopteris Reichi*.

Au total la flore fossile de Mourière a bien des affinités avec le niveau de Rive-de-Gier, tandis que celle de Ronchamp doit être remontée dans le Stéphanien moyen. Le poudingne talqueux de Ronchamp serait synchronique du poudingue mosaïque ([5]) du Bassin de Saint-Étienne. L'assise de Ronchamp

([5]) P. Pruvost, *Ann. Soc Géol. Nord*, 67, 1948, p. 279.

fortement transgressive vers l'Est repose directement sur le Devono-Dinantien dans les lambeaux houillers situés autour de Belfort (recherches de Bourg). Notons que le terrain talqueux admet des épanchements rhyolitiques ou des couches de cinérites (sondages de Lomont et de Saint-Germain, bowette Canada de Ronchamp).

ZOOLOGIE. — *Curieux cas d'hermaphrodisme chez une souche africaine de* Schistosoma mansoni (*Plathelminthe*, *Trématode*). Note (*) de Mlle **Alice Buttner**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

H. Vogel (1941, 1947) [1] a signalé, chez certains mâles de *Schistosoma mansoni* originaires de la Guinée française, la présence d'un ovaire typique, parfois d'un oviducte et d'un utérus rudimentaires. Cet hermaphrodisme a été observé également par R. M. Cordon (1934), R. B. Short (1948), E. Lagrange (1949) et nous-même. Il ne se manifeste que chez des hôtes particuliers, tels que le Hamster, le Cobaye, le Lapin. Il est exceptionnel chez la Souris.

Avec la souche de Vogel, nous avons infesté Souris, Mulots, Lérots, Cobayes, Lapins. Seuls les Cobayes ont présenté des Vers hermaphrodites, abondants dans le mésentère et souvent accouplés avec des femelles normalement développées. Les 104 mâles examinés après coloration possédaient tous un ovaire bien différencié, un oviducte plus ou moins amorcé. L'apparition des lobes ovariens correspondait en général à une diminution du nombre des testicules dont l'activité fonctionnelle n'était pas ralentie. Toutefois les œufs, dans les ootypes des femelles ou disséminés dans les organes, étaient stériles.

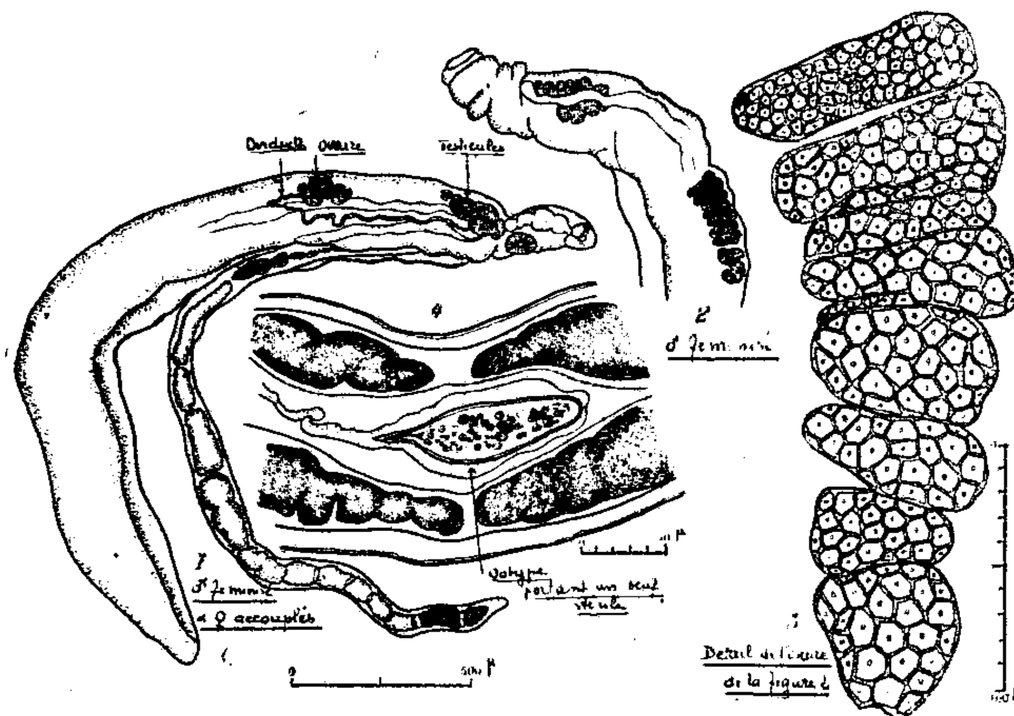
Dans des infestations à cercaires mâles provenant d'un seul miracidium, Vogel observe 50 % de mâles hermaphrodites chez le Cobaye, 100 % de mâles normaux, chez la Souris. Il en conclut que ces Vers, issus d'une même cellule ovulaire, ayant en conséquence le même génotype, évoluent en mâles purs ou hermaphrodites suivant le milieu physiologique de l'hôte qui les héberge : génétiquement, ils seraient mâles, secondairement hermaphrodites.

Selon que l'infestation est à 1 ou 2 sexes, Vogel note que le taux de féminisation passe de 43,4 à 4,3 % chez le Cobaye (hôte défavorable), et de 40,2 à 2 % chez le Hamster (hôte favorable) : En l'absence de femelles, la proportion d'hermaphrodites est donc décuplée chez le Cobaye, multipliée par 20 chez le Hamster. Cependant E. Lagrange (1949) signale 80 % d'hermaphrodites chez le Cobaye dans des infestations à deux sexes, et nous en trouvons 100 % chez le

(*) Séance du 27 mars 1950.

(1) *Ann. trop. Med. et Paras.*, 41, n° 2, 1947.

Cobaye mâle ou femelle, tandis que chez la Souris la féminisation reste nulle, la souche étant au contraire d'une grande efficacité. Il semble donc bien qu'il faille admettre une intervention qualitative de l'hôte sous la forme d'un facteur biologique, agissant dans des proportions variables pour modifier le développement sexuel du Ver. Ce facteur est-il hormonal ? Le sexe de l'hôte n'a pas eu, pour nous, de rôle prépondérant.



Les recherches entreprises pour retrouver les mêmes anomalies chez d'autres espèces ou souches de Schistosomes (*S. hæmatobium*, *S. japonicum*, souche américaine de *S. mansoni*) ont été jusqu'ici infructueuses; ce qui inclinerait à penser que cette labilité particulière du sexe est un caractère appartenant à la souche africaine, dont la manifestation serait subordonnée à certaines conditions physiologiques inhérentes à la nature de l'hôte. La labilité ne joue que dans le sens de la féminisation et semble n'intervenir que tardivement, le Ver possédant tous ses attributs sexuels mâles, primaires et secondaires, et seulement une ébauche de tractus génital femelle. La formation de l'ovaire surnuméraire coïncide presque toujours avec une réduction du nombre des testicules; elle apparaît tantôt comme un développement de cette glande *in situ*, tantôt comme une migration des cellules testiculaires : dans le premier cas, la bipotentialité sexuelle du mâle pourrait être interprétée comme la survivance d'un hermaphrodisme ancestral; dans le second, l'évolution en mâle suivie d'une flexion vers l'état femelle, par transformation progressive du tissu testiculaire en tissu ovarien, préjuge davantage en faveur d'un phénomène d'intersexualité mâle.

Le développement de l'ovaire exerce une action inhibitrice sur l'appareil sexuel mâle, le rendant inapte à féconder la femelle. Cette inhibition reste partielle : elle ne semble pas arrêter l'activité testiculaire. D'autre part, même sans fécondation, le séjour des femelles dans le canal gynécophore de ces mâles féminisés suffit à conditionner leur évolution normale, témoignant

de la présence de substances d'origine mâle (²). Sous quelles influences et dans quelle mesure le renversement des potentialités sexuelles s'opère-t-il? Ce problème est du ressort de la Génétique physiologique. Le déterminisme du sexe dépend probablement ici du patrimoine héréditaire du parasite et du métabolisme de l'hôte : il résulterait, pour chaque hôte particulier, de l'interaction de ces deux facteurs.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'existence chez certains sujets d'une accommodation négative.* Note (*) de M. **Yves Le Grand**, transmise par M. Jean Becquerel.

Démonstration expérimentale, par skiascopie, de valeurs négatives de l'accommodation (jusqu'à trois dioptries), qui, comme les valeurs positives, proviennent du cristallin et sont réduites par atropinisation.

La dioptrique de l'œil humain, limitée à l'approximation de Gauss, repose sur les bases suivantes : le cristallin est le seul agent de l'accommodation, c'est-à-dire de la faculté que possède l'œil de projeter tour à tour sur la rétine l'image nette d'objets situés à des distances différentes; c'est le muscle ciliaire qui, par traction sur la zonule, modifie les courbures du cristallin et règle cette accommodation; quand le muscle ciliaire est au repos, les rayons de courbure ont leur valeur maximum et l'objet conjugué de la rétine constitue le *punctum remotum*; à mesure que le muscle ciliaire se contracte, le cristallin se bombe, la puissance de l'œil augmente, et le conjugué de la rétine se rapproche jusqu'au *proximum*, qui correspond à la valeur maximum de l'accommodation. L'œil est dit emmétrope quand son remotum est à l'infini, hypérope quand il doit accommoder même pour voir à l'infini, myope quand son remotum est à distance finie devant l'œil : dans ce cas, le sujet voit toujours flou à l'infini, le minimum du flou étant obtenu en l'absence d'accommodation.

Cette théorie classique repose sur une conception statique du remotum, qui serait caractérisé par un relâchement complet du muscle ciliaire. Nous avons déjà montré (¹) que cette notion restait imprécise, et que le relâchement naturel peut différer (jusqu'à deux dioptries d'écart) du relâchement forcé que produit l'atropine, en paralysant le muscle ciliaire; la théorie classique interprète cette différence en admettant que le cyclopégique détruit le *tonus* naturel du muscle.

Certaines observations nous ont montré que cette notion statique de renotum

(²) D'après A. E. Severinzhaus (1928) et H. Vogel (1947), les infestations à cercaires femelles ne donnent que des femelles petites et immatures.

(*) Séance du 3 avril 1950.

(¹) Y. Le Grand et J. Marandon, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1381.

doit être révisée d'une autre façon. Nous avons remarqué que de nombreux sujets, naturellement myopes ou rendus tels par addition d'un verre convergent, peuvent améliorer l'image floue des lointains non en clignant les yeux (comme le font d'ordinaire les myopes, pour diaphragmer la pupille), mais en gardant les yeux bien ouverts et en faisant un effort conscient qui diminue la puissance de leur œil et équivaut donc à une accommodation négative. Cet effort semble fatigant, produit assez vite une sensation de gêne et de picotement dans l'œil, et ne paraît pas pouvoir être prolongé au delà de quelques minutes, sauf entraînement spécial. Pendant cet état de tension volontaire, l'acuité s'améliore et une mesure objective de la réfraction révèle l'apparition d'une hypéropie passagère (ou d'une diminution de myopie).

Voici quelques résultats relatifs à de jeunes sujets emmétropes; l'œil gauche, rendu myope par un verre convergent de 3 ou 4 dioptries, regardait le tableau d'optotypes, soit naturellement (*a*), soit en faisant effort pour le voir le plus net possible (*b*), cependant que l'œil droit, dont le champ visuel restait obscur, était examiné par skiascopie; suivant l'usage, les valeurs entre parenthèses représentent l'astigmatisme, et celle qui suit la puissance sphérique de correction :

	(*a*).		(*b*).	
Sujet A.....	(100° +0,50)	0	(180° +0,25)	+2,50
Sujet B.....	(180° −0,25)	0	(180° +0,50)	+2,25
Sujet C.....	(120° +0,50)	0	(30° +0,25)	+2,25

Les deux sujets suivants, étant myopes, n'avaient pas besoin de verre devant l'œil gauche :

	(*a*).		(*b*).	
Sujet D.....	(180° −0,50)	−4,00	(180° +0,25)	−1,25
Sujet E.....	(180° −0,50)	−5,50	(90° −0,25)	−2,75

On voit que, dans tous les cas, l'effort qui améliore l'acuité s'accompagne d'une diminution de puissance de l'œil, comprise entre 2 et 3 dioptries, et d'un changement de l'astigmatisme. La cornée restant immuable, cette variation d'astigmatisme prouve que le phénomène a son origine dans le cristallin (et non, par exemple, dans une diminution de longueur du globe oculaire sous l'action des muscles extrinsèques).

Ces résultats ne nous paraissent susceptibles que de deux explications : ou bien il s'agit d'une accommodation négative, c'est-à-dire d'un aplatissement du cristallin à partir de la forme d'équilibre qui correspond au remotum, au lieu du bombement qui se produit lors des accommodations positives usuelles, et dans ce cas (*a*) représenterait le remotum et (*b*) un proximum négatif; ou bien l'effort de mise au point amène au véritable remotum (*b*), tandis que la réfraction ordinaire (*a*) correspondrait à un résidu d'accommodation (hypéropie latente ou tonus du muscle ciliaire); mais on peut éliminer cette seconde

hypothèse grâce aux résultats obtenus sous cyclopégique : ainsi une paralysie partielle par l'homatropine donne les résultats suivants :

	▲	(a).			(b).
Sujet E	(180°	−0,25)	−5,25	(0)	−3,87

On retrouve sensiblement le même remotum, tandis que l'accommodation négative diminue : le sujet le sentait bien, avait beaucoup de mal à améliorer son acuité, et n'y parvenait que faiblement.

Nous laissons aux physiologistes le soin de rechercher l'origine de cette accommodation négative; est-ce l'action antagoniste des muscles de Rouget et de Brücke qui joue, suivant la vieille hypothèse de W. Henke (²)? En tout cas, ce mécanisme ne semble pas général; ainsi l'auteur n'a rien pu constater sur lui-même. Remarquons que les sujets A à D sont jeunes (24 à 26 ans) et non entraînés; au contraire le sujet E, plus âgé, est un adepte de la méthode Bates (³) qui, à notre avis, repose en grande partie sur des exercices destinés à développer l'accommodation négative, bien que la théorie proposée par Bates soit différente et suppose des variations (à notre sens peu vraisemblables) dans la longueur de l'œil.

ANTIBIOTIQUES. — *Sur une substance antibiotique extraite du mycélium de* Gibberella baccata (*Wallr.*) *Sacc.* Note de M. et Mme **Jean Guérillot-Vinet**, MM. **Lucien Guyot**, **Jacques Montégut** et **Louis Roux**, présentée par M. Roger Heim.

A partir de certaines espèces de *Fusarium* ont pu être extraites, à ce jour, plusieurs substances antibiotiques, dont l'action antibactérienne ou antifungique a été reconnue en divers cas : *avénacéine* ($C_{25}H_{44}O_7N_2$) chez *F. avenaceum*, *enniatine* ($C_{24}H_{42}O_6N_2$) chez *F. orthoceras*, *fructigenine* ($C_{26}H_{44}O_7N_2$) chez *F. fructigenum*, *javanicine* ($C_{15}H_{14}O_6$) et *oxyjavanicine* ($C_{15}H_{14}O_7$) chez *F. javanicum*, *latéritine* ($C_{26}H_{46}O_7N_2$) chez *F. lateritium*, *sambucine* ($C_{24}H_{42}O_7N_2$) chez *F. sambucinum;* par ailleurs, quelques autres espèces de *Fusarium* (*cœruleum*, *culmorum*, *dianthi* et *oxysporum*) ont été reconnues plus ou moins actives contre diverses bactéries pathogènes (*Mycobacterium phlei* et *Staphylococcus aureus*) (¹) et (²). Les espèces précitées de *Fusarium* s'inscrivent dans les sections *Discolor*, *Elegans*, *Lateritium*, *Martiella* et *Roseum* créées par

---

(²) Y. Le Grand, *Optique Physiologique* (*Rev. d'Opt.*, 1, 1946, p. 76).

(³) *Better Eyesight without Glasses*, 1943, 2e édition.

(¹) Plattner et coll., *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 594, 665, 2192, 2203.

(²) A. H. Cook, S. F. Cox, Th. Farmer et M. S. Lacey, *Nature*, Londres, 160, 1947, p. 31.

H. W. Wollenweber au sein du genre *Fusarium*; certaines d'entre elles acceptent une phase ascogène [*Gibberella baccata* (et ses var. *major* et *moricola*) pour *F. lateritium* (et ses var. *majus* et *mori*), *G. evonymi* = *G. juniperi* pour *F. fructigenum*, *G. pulicaris* pour *F. sambucinum*, *Hypomyces ipomææ* = *Nectria ipomææ* pour *F. javanicum*], représentée par des périthèces à plectenchyme charnu et pigmenté (*Hypocréales*), qui ne se manifestent que rarement dans la nature et exceptionnellement en culture, au surplus très irrégulièrement selon la provenance de la souche fusarienne utilisée ([3]).

L'action physiologique particulière dont témoignent certaines substances d'origine fungique nous a incités à rechercher, chez diverses souches fusariennes associées à leurs conceptacles ascogènes sur leurs supports naturels, la présence éventuelle de substances antibiotiques, susceptibles d'être extraites du mycélium cultivé sur milieu synthétique. A partir de sarments desséchés de *Clematis vitalba* croissant dans le Parc de l'École Nationale d'Agriculture de Grignon (Seine-et-Oise) et portant, étroitement associés sur de mêmes stromas, les conceptacles ascogènes pleinement évolués de *Gibberella baccata* et des vestiges de coussinets sporifères de structure fusarienne, nous avons obtenu une culture mycélienne qui, sur milieu gélosé, exerce une action inhibitrice nette sur divers organismes fungiques saprophytes ou parasites; l'étude méthodique du champignon et de ses fructifications sur différents milieux de culture nous a permis de rattacher celui-ci à l'espèce *Fusarium lateritium*, détermination appuyée par l'obtention, sur certains de ces milieux, de périthèces immatures du type *Gibberella*.

La gélose provenant d'une culture de *Gibberella baccata* possède la même action inhibitrice que le mycélium. Il s'agit donc bien d'une substance excrétée par le champignon et diffusible dans le milieu.

Des extractions successives ont montré que l'inhibiteur est soluble dans l'éther, dans les alcools méthylique et éthylique et, en général, dans les solvants organiques, mais très peu dans l'eau.

Pour préparer des quantités assez importantes de l'antibiotique, nous avons cultivé le champignon en milieu liquide ([4]) dans des boîtes de Roux.

L'inhibiteur étant beaucoup plus abondant dans le mycélium que dans le milieu de culture, c'est à partir de celui-là que nous l'avons obtenu à l'état cristallisé. Le mycélium est extrait au Soxhlet à l'éther pendant 12 heures. L'éther est évaporé et l'huile jaune résiduelle est antibiotique. Par chromatographie sur alumine en solution éthérée suivie d'une élution au méthanol,

---

([3]) Selon H. W. Wollenweber, une douzaine seulement, parmi les 80 genres de végétaux pouvant servir de support à *Fusarium lateritium*, ont révélé la présence associée des périthèces de *Gibberella baccata*.

([4]) M. et Mme J. Guérillot-Vinet et A. Richer, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 942.

on obtient un produit plus pur, capable de cristalliser dans le méthanol étendu d'eau et refroidi.

Nous appelons cette substance *baccatine* A. Les cristaux incolores fondent vers 135°. Le poids moléculaire déterminé par la méthode de Rast est de l'ordre de 480, et sa formule brute probable est $C_{26}H_{48}O_6N_2$.

La baccatine A est particulièrement active sur *Leptosphæria acuta* et sur *Sclerotinia libertiana*, à un degré moindre sur *Leptosphæria culmifraga* et *culmorum*, *Ophiobolus herpotrichus* et *Wojnowicia graminis*. Elle inhibe également *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas medicaginis*, mais se montre inefficace à l'égard d'*Escherichia coli*.

La baccatine A est, à notre connaissance, la première substance antibiotique définie extraite de cultures mycéliennes issues de fructifications périthéciales appartenant au groupe des Hypocréales; son intérêt réside aussi dans son utilisation éventuelle pour la lutte anticryptogamique et antibactérienne.

RADIOBIOLOGIE. — *Modifications de la glycémie sous l'influence d'une irradiation totale par les rayons* X. Note (*) de Mmes **Marguerite Lourau** et **Odette Lartigue**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

On observe deux sortes de modifications : une hyperglycémie après des jeûnes prolongés, et une forte diminution de la tolérance au glucose ingéré.

Dans une publication précédente (1) nous constations qu'un régime supplémenté en saccharose augmentait la mortalité de cobayes recevant une irradiation unique de tout le corps par des rayons X.

Nous avons pu montrer que les rayons X provoquent un trouble du métabolisme des glucides qui, lorsque les doses administrées ne sont pas léthales, est modéré mais durable, et qui est aggravé par l'ingestion de saccharose. Les observations que nous résumons ici sont relatives aux modifications de la glycémie. Nous avons observé deux sortes de modifications :

La première est de *l'hyperglycémie* après un jeûne de 15 heures (*fig.* 1). L'analyse statistique des résultats (tableau I) montre que l'augmentation de la glycémie après irradiation est significative aussi bien chez les animaux qui reçoivent un régime normal (groupe 1) que chez ceux qui ont reçu un supplément de saccharose (groupe 2). Dans les deux cas, on a $p < 0{,}01$. Le calcul montre également que la différence entre les deux groupes d'animaux est faible mais significative ($0{,}01 < p < 0{,}05$), ce qui prouve que l'aggravation du trouble de la glycémie due à l'ingestion de glucides est encore sensible après un jeûne de 15 heures. Des faits analogues ont été observés chez des cobayes jeûnant depuis 48 heures.

(*) Séance du 20 mars 1950.

(1) *Experientia*, 6, 1950, p. 25.

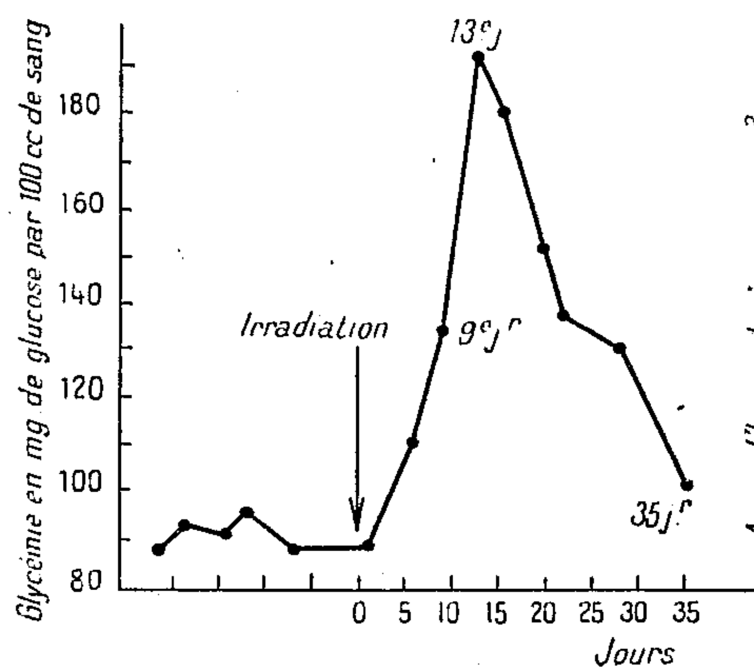


Fig. 1.

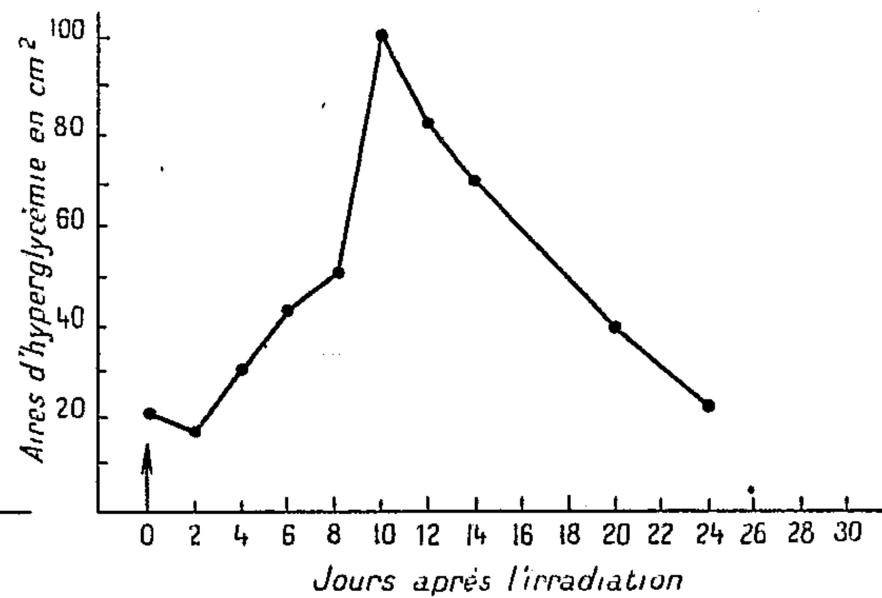


Fig. 2.

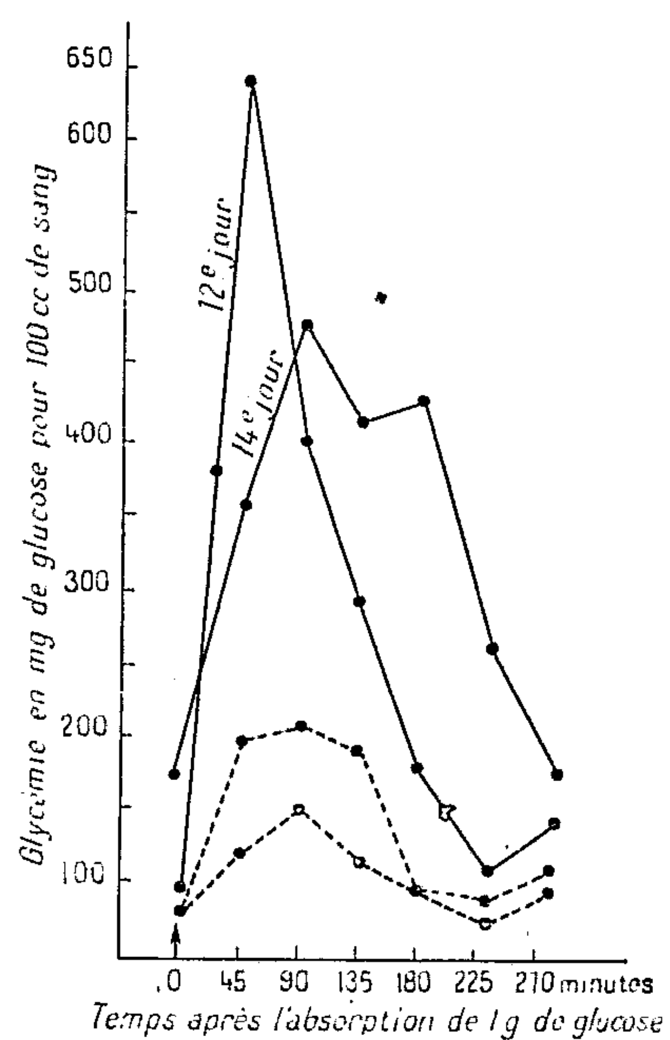


Fig. 3.

Fig. 1. — Évolution de la glycémie chez un cobaye recevant un régime supplémenté en saccharose, avant et après une irradiation totale par rayons X (500 r).

Fig. 2. — Évolution des aires d'hyperglycémie après une irradiation totale par rayons X (500 r). Chaque point représente la moyenne de séries de 2 à 6 animaux.

Fig. 3. — Courbes individuelles d'hyperglycémie après ingestion de 1g de glucose.
- - - - - - - Témoins.
———— Irradiès à 500 r depuis 12 et 14 jours.

Glycémie après 15 heures de jeûne chez des cobayes irradiés à 500 r.

Régime.	Nombre d'animaux.	Glycémie (en mg %). Avant irradiation.	σ (*).	p (**).	Maxima après l'irradiation.	σ (*).	M — A.	σ (*).
Normal.......	13	102	± 2,9	< 0,01	146,8	± 4	44,5	± 5,6
p (**).........	–	> 0,05	–	–	< 0,01	–	< 0,01	–
Saccharrose...	13	108	± 2,6	< 0,01	171	± 5,2	63,1	± 5,3

(*) σ = erreur standard = $\sqrt{\frac{\Sigma D^2}{n(n-1)}}$;

(**) p = probabilité calculée d'après les tables de Fisher.

La deuxième modification est une très forte *diminution de la tolérance au glucose ingéré*. Les aires d'hyperglycémie provoquée par l'ingestion de 1g de glucose augmentent considérablement à partir du 6e jour qui suit l'irradiation (*fig.* 2). Les courbes qui ont servi à calculer ces aires montrent que l'accroissement des aires vient moins de l'allongement de la durée de l'hyperglycémie que de l'augmentation de la dénivellation glycémie maxima-glycémie de départ (*fig.* 3). Ce sont des courbes très différentes de celles que l'on observe dans les diabètes par insuffisance insulinienne.

La gravité de ces deux troubles, de même que leur évolution, ne sont pas absolument parallèles.

La séance est levée à 15h40m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MARS 1950.

L'Univers dévoilé. Nouvelle synthèse astronomique, par ANTOINE PONTAX. Athènes, chez l'Auteur, 1949; 1 vol. 22cm.

Éléments de la théorie des probabilités, par ÉMILE BOREL. *Bibliothèque d'éducation par la science*. Paris, Albin Michel, 1950; 1 vol. 19cm,5.

Les prix Nobel en 1948. Stockholm, Imprimerie royale P. A. Norstedt et Söner, 1949; 1 vol. 25cm.

La structure des choses, par PHILIPPE OLMER, in *Science et pensée*. Paris, Hachette, 1949; 1 vol. 18cm.

Neomycin, Recovery and Purification, by E. AUGUSTUS SWART, DORRIS HUTCHINSON, and SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Archives of biochemistry*. Vol. XXIV, n° 1, 1949; New York, N. Y., Academic Press, inc; 1 fasc. 23cm.

The Institute of microbiology Rutgers University. The State University of New Jersey. New Brunswick, N. J., 1950; 1 fasc. 21cm.

The in vivo activity of neomycin, by SELMAN A. WAKSMAN, JACK FRANKEL, OTTO GRÆSSLE. Extrait de *Journal of bacteriology*. Vol. LVIII, n° 2, 1949; 1 fasc. 25cm,5.

Neomycin activity upon mycobacterium tuberculosis and other mycobacteria, by SELMAN A. WAKSMAN, DORRIS HUTCHINSON, EDWARD KATZ. Extrait de *The American Review of tuberculosis*. Vol. LX, n° 1, 1949; 1 fasc. 25cm,5.

Neomycin, a new antibiotic active against Streptomycin-resistant bacteria, including tuberculosis organisms, by SELMAN A. WAKSMAN, HUBERT A. LECHEVALIER. Extrait de *Science*. Vol. CIX, n° 2830, 1949. New Jersey Agricultural Experiment Station, Rutgers University; 1 fasc. 26cm.

Neomycin-production and Antibiotic properties, by SELMAN A. WAKSMAN, HUBERT A. LECHEVALIER, DALE A. HARRIS. Extrait de *The Journal of Clinical Investigation*. Vol. XXVIII, n° 5, 1949; 1 fasc. 26cm,5.

Societas scientiarum Islandica. *The Eruption of Hekla* 1947-1948, edited by TRAUSTI EINARSSON, G. KJARTANSSON, S. BÓRARINSSON; published jointly with *The Museum of natural History*. IV, 2 : *The Rate of production of material during the Eruption*. Compled by TRAUSTI EINARSSON. IV, 3 : *The Flowing Lava. Studies of its Main Physical and Chemical Properties*, by TRAUSTI EINARSSON. Reykjavik, H. F. Leiftur, 1949; 1 fasc. 26cm.

Carte géologique internationale de l'Afrique, au 1/500 000 exécutée conformément aux vœux du Congrès géologique international (XIIIe session, Bruxelles, 1922) dressée et publiée par le BUREAU D'ÉTUDES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES COLONIALES. *Feuille* n° 9. 1 planche 100 × 79cm.

Chimie générale. T. 1. *Atomistique. Problèmes fondamentaux de structure*. T. 2. *Cinétique. Thermodynamiques. Équilibres*, par PAUL PASCAL. Paris, Masson et Cie, 1950; 2 vol. 25cm,5.

Antibiotiques d'origine fongique bactérienne ou végétale (autres que la Pénicilline et la Streptomycine). *Bacitracine, Circuline, Subtiline, Lupulon, Polymyxine, Nocardine, Néomycine, Auréomycine et Chloromycétine*, par CONSTANTIN LEVADITI, en collaboration

avec ARON VAISMAN et M[lles] J.-HENRY EVENO et J. VEILLET. Paris, Librairie J.-B. Baillière et fils, 1950; 1 vol. 25[cm],5.

Institut de France. Académie des sciences. Observatoire d'Abbadia. *Septième catalogue comprenant* 1315 *étoiles dont* 709 *fondamentales de* $+85°$ *à* $-26°$ *observées en* 1933-1934, réduites à 1925,0. Hendaye, Imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1950; 1 fasc. 32[cm].

Robert Lespieau, 1864-1947, par GEORGES DUPONT. Extrait du *Bulletin de la Société chimique de France*, 5[e] série. T. 16. Paris, Masson et C[ie], 1949; 1 fasc. 27[cm].

La carence phosphorique. Ses répercussions en biologie. Complément aux conclusions générales présentées aux « Journées du phosphore » (janvier 1949), par ALBERT DEMOLON. Paris, Presses Universitaires de France, 1949; 1 vol. 23[cm] (présenté par M. G. Bertrand).

Le phosphore et son rôle en biologie. Communications présentées aux « Journées du phosphore ». Paris, Presses Universitaires de France, 1949; 1 vol. 23[cm] (présenté par M. G. Bertrand).

Bulletin de la Société des professeurs français en Amérique. New York, 1950; 1 fasc. 21[cm].

General geological map of China. *Hankow* N. H-50; *Nanking* N. I-50; *Tsingtao* N. J-51; *Taiynan* N. J-49; *Canton* N. F-49, prepared under the supervision of T. K. HUANG. Scale 1/1.000.000. 5 planches 72[cm],5 $\times$ 55[cm],5.

Extraits de *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei.* Notes de GUSTAVO COLONNETTI. Vol. XXVI, serie 5[a], 1917 : *Su certi stati di coazione elastica che non dipendono da azioni esterne.* Vol. XXVII, serie 5[a], 1918 : *Su di una particolare classe di coazioni elastiche che si incontra nello studio della resistenza delle artiglierie. Una proprieta caratteristica delle coazioni elastiche nei solidi elasticamente omogenei; — Sul problema delle coazioni elastiche.* Vol. VII et VIII, serie 6[a], 1928 : *Nuovo contributo alla teoria delle coazioni elastiche ed alle sue applicazioni techniche.* Vol. X, série 6[a], 1929-VIII : *Sulle alterazioni del regime elastico di un arco incastrato che si possono determinare con l'aggiunta di una catena.* Vol. XIII, serie 6[a], 1931-IX : *Sulla teoria degli archi ad una o due cerniere.* Vol. XV, serie 6[a], 1932-X : *A proposito della influenza dello sforzo di taglio sulla freccia di una travi inflessa.* Vol. XXVII, serie 6[a], 1938-XVI : *Il secondo principio di reciprocita e le sue applicazioni al calcolo delle deformazioni permanenti.* Vol. XXVIII, serie 6[a], 1938-XVII : *Alla ricerca dei fondamenti sperimentali della teoria dell' equilibrio elasto plastico.* Vol. XXIX, serie 6[a], 1939-XVII : *Il problema dell' aderenza nei cementi armati in stato di coazione.* Serie 8. Vol. IV, Fasc. 1 : *Il problema del primato sulla invenzione della Radio.* Serie 8. Vol. IV. Fasc. 5 : *Saggio di impostazione generale del problema delle deformazioni viscose.* Vol. XXIX, serie 5[a], 1911 : *Sopra un caso di emisimmetria che si presenta in certe questioni di idrodinamica.* Vol. XX, serie 5[a], 1911 : *Sull' efflusso dei liquidi fra pareti che presentano una interruzione* (2 fasc.). Vol. XXI, serie 5[a], 1912 : *Sul principio di reciprocità ; Sulle deformazioni elastiche delle condotte d'acqua con tubi di grande diametro.* Vol. XXII, serie 5[a], 1913 : *Sulla teoria dei sistemi reticolari triplamente iperstatici.* Vol. XXIII, serie 5[a], 1914 : *Esperienze sulla elasticita a trazione del Rame* (3 fasc.); *Sul problema dell' arco elastico con o senza cerniere.* Vol. XXIV, serie 5[a], 1915 : *Su di una reciprocita tra deformazioni e distorsioni; — Sulle distorsioni dei sistemi elastici piani più volte connessi; — Nuove esperienze sulla elasticità del Rame.* Vol. XXV, serie 5[a], 1916 : *Le proprietà magnetiche degli acciai e la loro utilizzazione nel collaudo dei proietti*, avec ALBERTO POZZO. Roma, Tipografia della R. Accademia dei Lincei; 26 fasc. 27[cm],5.

Extraits de *Reale accademia delle scienze di Torino.* 1910-1911. *Sull' equilibrio elastico*

dei sistemi reticolari piani. Le linee d'influenza della trave continua solidale coi suoi piedritti, par GUSTAVO COLONNETTI. Torino, Vincenzo Bona, 1911; 2 fasc. 25^{cm}.

Id. 1915-1916. — *Elasticita e resistenza degli acciai ad alto tenore di nickel*, par GUSTAVO COLONNETTI. Torino, Fratelli Bocca, 1916; 1 fasc. 25^{cm}.

Id. 1917-1918. — *Le proprietà magnetiche degli acciai e la loro utilizzazione nel collaudo dei proietti*, par GUSTAVO COLONNETTI ed ALBERTO POZZO. Torino, Fratelli Bocca, 1918; 1 fasc. 25^{cm}.

Extraits de *Atti della Reale accademia delle scienze di Torino*. Vol. XLVIII, 1912-1913. *Sulla teoria degli archi*. Vol. L, 1914-1915 : *Sul secondo principio di reciprocita*. Vol. LII, 1916-1917 : *Sopra un caso di frattura spontanea di un acciaio temprato*. Vol. LII, 1917 : *Sul comportamento dei pali una conduttura elettrica per strappamento completo di una tesata*. Vol. LIII, 1917 : *Un singolare esempio di lesioni in un anello di acciaio temprato*. Vol. LIV, 1918 : *Applicazione a problemi tecnici di un nuovo teorema sulle coazioni elastiche; sforzi di montaggio nell' armatura dell' ala di un biplano*. Vol. LV, 1920 : *Risoluzione grafica di alcuni problemi relativi all' equilibrio delle funi pesanti; Rapporti fra azioni statiche e dinamiche nei pali di una conduttura elettrica*. Vol. LVI, 1920-1921 : *Per una teoria generale delle coazioni elastiche*, par GUSTAVO COLONNETTI; 10 fasc. 25^{cm}.

Extraits de *Reale Accademia delle scienze di Torino*, 1908-1909 et 1909-1910 : *Contributo alla trattazione grafica della trave continua* (2 fasc.), 1911-1912 : *Sulle deformazioni elastiche delle condotti d'acqua con tubi di grande diametro*, par GUSTAVO COLONNETTI. Torino, Vincenzo Bona ; 3 fasc. 25^{cm}.

Id. 1909-1910 : *Sistemi elastici continui trattati col metodo delle linee d'influenza*, 1911-1912 : *L'equilibrio elastico dal punto di vista energetico*, par GUSTAVO COLONNETTI. Torino, Vincenzo Bona, 2 fasc. 32^{cm}.

Consiglio nazionale delle ricerche. Estratto dalla rivista *Ricercha scientifica e ricostruzione*. Anno XV, n° 1, 1945 : *Adunanza generale dei comitati nazionali tenuta il* 30 *aprile* 1945 *alla presenza del presidente del consiglio dei ministri e dei membri del governo*. Anno XVI°, n°s 1-2, 1946. *Adunanza generale degli organi del consiglio tenuta il* 14 *febbraio* 1946 *alla presenza del presidente del consiglio dei ministri e dei membri del governo*. Anno XVI°, n° 11, 1946 : *L'Assemblea plenaria dei Comitati nazionali*. 15 *novembre* 1946, 15 *décembre* 1947, 11 *giugno* 1948, 11 *décembre* 1948, 10 *giugno* 1949, par GUSTAVO COLONNETTI; 7 fasc. 24^{cm},5.

Scienza e tecnica nel pensiero e nell' opera di Guglielmo Marconi, par GUSTAVO COLONNETTI. Roma, Consiglio nazionale delle ricerche, 1947; 1 fasc. 24^{cm}.

Extrait de *Rendiconti del circolo matematico di Palermo*. Tomo XXXII. *Sul moto di un liquido in un canale*, par GUSTAVO COLONNETTI. Palerme, 1911; 1 fasc. 25^{cm}.

Id. — *Recenti progressi nei metodi di analisi magnetica degli acciai*, par GUSTAVO COLONNETTI. Milano, 1930; 1 fasc. 24^{cm}.

Solenne commemorazione del centenario voltiano tenuta in Roma dall' Istituto Alessandro Volta. Roma, Cartari, 1927; 1 fasc. 23^{cm}.

Sul calcolo dei sistemi continui su piedritti elastici, par GUSTAVO COLONNETTI. Roma, 1911; 1 fasc. 27^{cm}.

Extraits de *Atti della Pontifica delle Scienze Nuovi Lincei*. Anno LXXIX, 1926 : *Ricerche sperimentali sulle coazioni elastiche*. Anno LXXXIV, 1931 : *L'influenza dello sforzo di taglio sulla freccia*. Memori, vol. XV, 1931 : *Isteresi elastica e fatica dei metalli*, par GUSTAVO COLONNETTI. Roma, Scuola tipografica Pio X; 3 fasc. 30^{cm},5.

L'Ingegnere. Vol. XI, 1937-XVI : *Nuovi punti di vista sulla statica degli archi molto ribassati*; 1938-XVI : *Su la possibilita' di un razionale impiego delle deformazioni plastiche dei materiali*, par GUSTAVO COLONNETTI. Roma; 2 fasc. 30^{cm},5.

Il cemento armato. Le Industrie del cemento. Fasc. 10, 1937: *Sul calcolo delle deformazioni delle travi in cemento armato;* Fasc. 1, 1938: *Analisi delle deformazioni plastiche e del conseguente stato di tensione nelle travi in cemento armato,* par GUSTAVO COLONNETTI. Casale Monf., Stab. Tip di Miglietta Milàno et C°; 2 fasc. 34cm.

Calcul graphique des systèmes articulés à plusieurs encastrements, par GUSTAVO COLONNETTI. Leipzig, Wilhelm Engelman, 1912; 1 fasc. 28cm.

De l'équilibre des systèmes élastiques dans lesquels se produisent des déformations plastiques, par GUSTAVO COLONNETTI in *Journal des Mathématiques pures et appliquées.* Neuvième série. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 fasc. 27cm.

Le problème des déformations plastiques et la théorie des poutres fléchies, par GUSTAVO COLONNETTI, in *La technique des travaux.* Liége, Desœr, 1938; 1 fasc. 27cm.

Les déformations plastiques et le dimensionnement des systèmes hyperstatiques. De la résistance des poutres fléchies en régime élasto-plastique. Les bases expérimentales de la théorie de l'équilibre élasto-plastique, par GUSTAVO COLONNETTI, in *L'Ossature métallique.* Bruxelles, Centre belgo-luxembourgeois d'information de l'acier, 1938 et 1939; 3 fasc. 25cm,5.

Étude sur les états de coaction, par GUSTAVO COLONNETTI. Extrait de *Mécanique,* 1939; Paris, Édition Science et Industrie, 1939; 1 fasc. 31cm.

Théorie de l'équilibre des corps élasto-plastiques, par GUSTAVO COLONNETTI. Extrait du *Bulletin technique de la Suisse romande.* Lausanne, R. Fouge et Cie, 1942; 1 fasc. 22cm,5.

Réservoirs sphériques à suspension funiculaire, par GUSTAVO COLONNETTI. Extrait du *Bulletin technique de la Suisse romande,* 1944; 1 feuille 31cm,5.

Discours prononcé par M. GUSTAVO COLONNETTI, *docteur honoris causa de l'Université de Toulouse, à la séance solennelle de rentrée des Facultés de Toulouse, le* 10 *novembre* 1949; 1 fasc. 24cm,5.

Les phénomènes de coaction élasto-plastique et l'adaptation de la résistance des matériaux, par GUSTAVO COLONNETTI, in *Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics,* nouvelle série, 1949; 1 fasc. 27cm.

La tecnica e lo spirito, par GUSTAVO COLONNETTI. Milano, Antoniazzi, 1945; 1 vol. 18cm.

Scienza delle costruzioni, Seconda edizione, par GUSTAVO COLONNETTI. Giulo Einaudi, 1948; 1 vol. 22cm,5.

Proietilli, par GUSTAVO COLONNETTI. Milano, Ulrico Hœpli, 1918; 1 vol. 28cm.

(*à suivre*).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 AVRIL 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue à MM. STEPHEN TIMOSHENKO, Correspondant de l'Académie des Sciences, et RAYMOND COUTREZ, Astronome à l'Observatoire Royal de Belgique, qui assistent à la séance.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Le centenaire de la découverte de la fonction glycogénique.* Note de M. LÉON BINET.

Il y a exactement un siècle, Claude Bernard fit, à l'Académie des Sciences, une Communication fondamentale *sur une nouvelle fonction du foie chez l'Homme et les animaux*. Il convient, je pense, de se pencher sur le texte de son travail princeps.

Dans ce travail, écrit-il, je viens démontrer expérimentalement :

1° *Que la présence du sucre dans l'organisme animal est un fait constant et indispensable dans l'accomplissement régulier des phénomènes nutritifs.*

2° *Je prouve que la présence de la matière sucrée chez les animaux n'est point*

liée à une alimentation déterminée et qu'elle est produite dans le foie par une fonction spéciale de cet organe.

3° *J'indique enfin, les principaux caractères de cette formation du sucre dans le foie et je montre qu'elle est sous la dépendance du système nerveux.*

Nous présenterons une photographie de la Note manuscrite de cette Communication capitale que fit en 1850 sur l'hépato-glycogénèse l'éminent physiologiste.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques complémentaires sur la structure complexe des particules de spin* 1. Note de M. **Louis de Broglie.**

Reprenant les idées émises dans une Note récente, l'auteur précise comment, si l'on admet qu'une particule de spin 1 est formée de deux constituants de spin 1/2, doit s'opérer le transport des propriétés de spin sur le mouvement du centre de gravité de la particule. On peut ainsi interpréter, en accord avec les conclusions d'une Note plus ancienne, la forme que prend la densité de probabilité de présence pour une particule de spin 1.

Dans une Note récente (¹) nous avons montré avec Mme M. A. Tonnelat comment on pouvait considérer une particule de spin 1 comme complexe et formée de deux constituants de spin 1/2. Nous voulons ici préciser certains points de notre démonstration et, de plus, montrer, comme nous avions déjà tenté de le faire dans une Note publiée en 1936 sur ce sujet (²), que l'on peut par cette voie parvenir à interpréter la forme de la probabilité de présence dans la théorie de la particule de spin 1.

Nous reprenons les notations employées dans notre dernière Note. Nous avons vu que l'on trouvait pour la particule de spin 1, avec l'hypothèse faite sur sa structure complexe, une série d'états internes quantifiés de spin total zéro (états pseudo-scalaires) et une autre série d'états quantifiés de spin 1 (états vectoriels) : chacun de ces derniers se décompose en trois solutions indépendantes correspondant d'après leur forme à des doublets dont l'axe est respectivement dirigé sur les axes des variables relatives $o\xi_0$, $o\eta_0$, $o\zeta_0$ et l'on peut former trois combinaisons linéaires indépendantes de ces trois solutions pour lesquelles la composante du spin suivant oz a la valeur 1, 0 ou -1 (en unité $h/2\pi$). Nous porterons exclusivement notre attention sur les états normaux, c'est-à-dire sur ceux qui, dans la série des états vectoriels comme dans celle des états pseudo-scalaires, correspondent à la plus petite valeur propre. Il y aura une certaine valeur de la masse propre de la particule pour l'état pseudo-scalaire normal et une autre, généralement différente, pour les états vectoriels normaux.

Pour opérer le transport du spin sur le centre de gravité, nous sommes partis

(¹) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1329.
(²) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 473.

de la remarque que, d'après les résultats connus de la Mécanique ondulatoire du photon pour une onde plane monochromatique décrivant le mouvement rectiligne et uniforme de la particule complexe, il y a quatre indices privilégiés $\underline{i}\underline{k}$ tels que les composantes $\Phi^{(0)}_{\underline{i}\underline{k}}(t_0)$ de cette onde dans le système propre soient les seules à être différentes de zéro (quand on prend l'axe des z dans la direction de propagation). Dans la représentation adoptée par nous pour les α de Dirac, l'indice $\underline{i}$ peut prendre les valeurs 3 et 4, l'indice $\underline{k}$ les valeurs 1 et 2. Nous avons fait correspondre les paires d'indices $\underline{i}\underline{k}$ aux fonctions propres des états internes normaux, mais il se présente ici une petite complication que nous avons omise dans notre dernière Note. En effet, tandis que les deux états vectoriels dont les composantes de spin le long de oz sont égales à ± 1 correspondent respectivement aux valeurs $\underline{i}=3$, $\underline{k}=1$ et $\underline{i}=4$, $\underline{k}=2$, l'état pseudo-scalaire et le troisième état vectoriel correspondent à la fois aux indices $\underline{i}=4$, $\underline{k}=2$ et $\underline{i}=3$, $\underline{k}=1$, de sorte qu'il faut former des combinaisons linéaires de leurs fonctions d'onde pour obtenir une correspondance univoque avec les deux paires d'indices.

Pour préciser ce point, désignons par $\varphi^{(0)}_{0,0}$, $\varphi^{(0)}_{1,1}$, $\varphi^{(0)}_{1,0}$ et $\varphi^{(0)}_{1,-1}$ les fonctions d'onde qui correspondent respectivement à l'état pseudo-scalaire normal et aux trois états vectoriels normaux. Ces fonctions sont orthogonales et nous les normerons de façon que leur norme soit égale à $1/|\Delta|$, Δ étant le déterminant Jacobien $D(x_1 \ldots z_2)/D(XYZ\xi\eta\zeta)$. Nous définirons alors les 4 fonctions

$$(1) \qquad \varphi^{(0)}_{\underline{4}\underline{1}} = \varphi^{(0)}_{1,1}, \qquad \varphi^{(0)}_{\underline{3}\underline{2}} = \varphi^{(0)}_{1,-1}, \qquad \varphi^{(0)}_{\underline{4}\underline{2}} = \frac{\varphi^{(0)}_{1,0} + \varphi^{(0)}_{0,0}}{\sqrt{2}}, \qquad \varphi^{(0)}_{\underline{3}\underline{1}} = \frac{\varphi^{(0)}_{1,0} - \varphi^{(0)}_{0,0}}{\sqrt{2}}.$$

et nous aurons (avec $d\tau_0 = d\xi_0\, d\eta_0\, d\zeta_0$)

$$(2) \qquad \int \sum_{rs} (\varphi^{(0)}_{\underline{i}\underline{k}})^*_{rs} (\varphi^{(0)}_{\underline{j}\underline{l}})_{rs}\, d\tau_0 = \frac{1}{|\Delta|} \delta_{\underline{i}\underline{j}}\, \delta_{\underline{k}\underline{l}}.$$

Les états vectoriels ayant une masse propre $M_0^{(V)}$ et l'état pseudo-scalaire ayant une masse propre $M_0^{(S)}$, nous aurons à distinguer le facteur de phase des états vectoriels $P_V = e^{2\pi i/h(M_0^{(V)} c^2 t_0)}$ et celui de l'état pseudo-scalaire $P_S = e^{2\pi i/h(M_0^{(S)} c^2 t_0)}$. Une comparaison avec les formules de la Mécanique ondulatoire du photon (³) montre que l'on doit ici poser pour la fonction d'onde de la particule complexe dans le système propre

$$(3) \qquad \Psi^{(0)}(\xi_0 \eta_0 \zeta_0 t_0 =) \left[c^{(0)}_{41} \varphi^{(0)}_{1,1} + c^{(0)}_{32} \varphi^{(0)}_{1,-1} + \frac{c^{(0)}_{42} + c^{(0)}_{31}}{\sqrt{2}} \varphi^{(0)}_{1,0} \right] P_V + \frac{c^{(0)}_{42} - c^{(0)}_{31}}{\sqrt{2}} \varphi^{(0)}_{0,0} P_S.$$

La fonction d'onde $\Phi^{(0)}$ du centre de gravité dans le système propre sera définie

---

(³) *Voir* Louis de Broglie, *Une nouvelle théorie de la Lumière*, 1, p. 168, équ. (47).

par la formule

(4) $$\Phi_{ik}^{(0)} = \frac{1}{|\Delta|} \int \varphi_{ik}^{(0)*}\, \Psi^{(0)}\, d\tau_0$$

ce qui nous donne

(5) $$\begin{cases} \Phi_{41}^{(0)} = a_{41}^{(0)} P_V; \quad \Phi_{32}^{(0)} = a_{32}^{(0)} P_V, \quad \Phi_{42}^{(0)} = (a_{42}^{(0)})_V P_V + (a_{42}^{(0)})_S P_S, \\ \Phi_{31}^{(0)} = (a_{31}^{(0)})_V P_V + (a_{31}^{(0)})_S P_S, \end{cases}$$

avec

(6) $$\begin{cases} a_{41}^{(0)} = c_{41}^{(0)}, \quad a_{32}^{(0)} = c_{32}^{(0)}, \quad (a_{42}^{(0)})_V = \dfrac{c_{42}^{(0)} + c_{31}^{(0)}}{2}, \quad (a_{42}^{(0)})_S = \dfrac{c_{42}^{(0)} - c_{31}^{(0)}}{2}, \\ (a_{31}^{(0)})_V = \dfrac{c_{42}^{(0)} + c_{31}^{(0)}}{2} = (a_{42}^{(0)})_V, \quad (a_{31}^{(0)})_S = -\dfrac{c_{42}^{(0)} - c_{31}^{(0)}}{2} = -(a_{42}^{(0)})_S. \end{cases}$$

Ces formules réalisent correctement le transport du spin sur le centre de gravité, car, en faisant une transformation de Lorentz avec vitesse relative le long de oz, on retrouve les valeurs des Φ_{rs} de la théorie générale des particules de spin 1, compte tenu de la différence des masses $M_0^{(V)}$ et $M_0^{(S)}$.

Nous voudrions maintenant montrer que les idées précédentes expliquent pourquoi, dans la théorie de la particule de spin 1, la densité de probabilité de présence dans le cas d'une onde plane monochromatique correspondant à une vitesse βc de la particule a la forme $\sum_{rs} |\Phi_{rs}|^2 \sqrt{1-\beta^2}$. En effet, il est évident que la quantité $\sum_{rs} |\Psi_{rs}|^2\, dx_1\, dy_1\, dz_1\, dx_2\, dy_2\, dz_2$ doit donner la probabilité de trouver le point figuratif du système des deux constituants dans l'élément de volume $dx_1 \ldots dz_2$ de l'espace de configuration. On a donc

(7) $$\int \sum_{rs} |\Psi_{rs}|^2 |\Delta|\, dX\, dY\, dZ\, d\xi\, d\eta\, d\zeta = \int \sum_{rs} |\Psi_{rs}^{(0)}|^2 |\Delta|\, dX_0\, dY_0\, dZ_0\, d\xi_0\, d\eta_0\, d\zeta_0.$$

Or la contraction de Lorentz s'exprime par

(8) $$dX\, dY\, dZ = dX_0\, dY_0\, dZ_0 \sqrt{1-\beta^2}, \qquad d\xi\, d\eta\, d\zeta = d\xi_0\, d\eta_0\, d\zeta_0 \sqrt{1-\beta^2},$$

et comme $|\Psi|^2$ et $|\Psi^{(0)}|^2$ ne dépendent pas de XYZ, $X_0Y_0Z_0$ et que $|\Delta|$ est une constante

(9) $$\int \sum_{rs} |\Psi_{rs}|^2\, d\xi\, d\eta\, d\zeta = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \int \sum_{rs} |\Psi_{rs}^{(0)}|^2\, d\xi_0\, d\eta_0\, d\zeta_0.$$

La façon dont nous avons transporté le spin sur le centre de gravité montre que le passage des $\Phi_{rs}^{(0)}$ aux Φ_{rs} suit la même loi que celui des $\Psi_{rs}^{(0)}$ aux Ψ_{rs} et que l'on peut appliquer la formule (9) aux Φ_{rs} comme aux Ψ_{rs}. D'où

(10) $$\sum_{rs} |\Phi_{rs}|^2 = \sum_{ik} |\Phi_{ik}^{(0)}|^2 \frac{1}{1-\beta^2},$$

car les $|\Phi_{rs}|^2$ et les $|\Phi_{rs}^{(0)}|^2$ sont des constantes et seuls les $\Phi_{\underline{ik}}^{(0)}$ ne sont pas nuls. D'autre part, les formules (3), (4), (5) et (6) permettent de vérifier que

$$(11) \qquad |\Delta|\int\sum_{rs}|\Psi_{rs}^{(0)}|^2\,d\tau_0=\sum_{\underline{ik}}|\Phi_{\underline{ik}}^{(0)}|^2.$$

La probabilité de présence $\rho\,(X, Y, Z, t)$ du centre de gravité de la particule complexe dans l'élément de volume $dX\ dY\ dZ$ doit s'obtenir en intégrant sur ξ, η, ζ la probabilité de présence du point figuratif du système dans l'espace de configuration, ce qui nous donne, grâce à (9), (10) et (11),

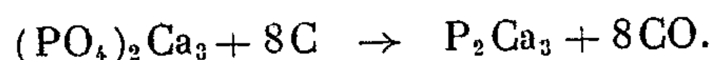
$$(12) \qquad \rho(X, Y, Z, t)=\int\sum_{rs}|\Psi_{rs}|^2\,|\Delta|\,d\xi\,d\eta\,d\zeta=\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}\int\sum_{rs}|\Psi_{rs}^{(0)}|^2\,|\Delta|\,d\tau_0$$
$$=\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}\sum_{\underline{ik}}|\Phi_{\underline{ik}}^{(0)}|^2=\sum_{rs}|\Phi_{rs}|^2\sqrt{1-\beta^2},$$

ce qui est le résultat cherché.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction des phosphates alcalins par le charbon.* Note (*) de MM. **Louis Hackspill** et **André Boyer**.

Les métaphosphates alcalins sont réduits dans le vide par le carbone à partir de 1100°, avec mise en liberté d'un phosphure qui se volatilise.

Moissan [1] et Jaboin ont réduit au four électrique les phosphates alcalino-ferreux par le charbon, ce qui leur a permis d'obtenir les phosphures correspondants :


$$(PO_4)_2Ca_3 + 8C \rightarrow P_2Ca_3 + 8CO.$$

Il est impossible de réduire les phosphates alcalins en opérant de la même façon car, surtout aux hautes températures, les produits de la réaction s'oxydent immédiatement à l'air. Pour éviter cet inconvénient nous avons opéré dans le vide.

Du reste l'un de nous [2] avait déjà constaté en 1927 que les phosphates alcalins, chauffés sous vide avec du fer, étaient réduits vers 1400° pour donner un dégagement de phosphure alcalin, jaune, volatil, donnant des phosphures d'hydrogène par action de l'eau.

Nous avons donc chauffé sous vide les phosphates finement broyés et mélangés avec du charbon, lui-même pulvérisé. Le creuset, dans lequel étaient

(*) Séance du 3 avril 1950.

(1) *Comptes rendus*, 128, 1899, p. 787.

(2) Hackspill et Pinck, *Bull. Soc. Chim.*, n° 54, 41, 1927, p. 1151.

placés les produits, était surmonté d'un tube métallique fermé à sa partie inférieure et refroidi par un courant d'eau intérieur destiné à condenser les produits volatils susceptibles de distiller.

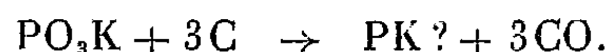
Nous avons utilisé divers modes de chauffage :

1° Un four électrique à enroulement métallique, le creuset et le tube condenseur étant placés dans un tube en porcelaine.

2° Un four à haute fréquence à lampes, le creuset étant placé dans un tube en silice vitrifiée.

3° Enfin un four à résistance de graphite, le creuset étant dans ce cas simplement placé à l'intérieur du four.

Nos premiers essais ont porté sur les métaphosphates de potassium et de sodium. La proportion de graphite correspondait à la réduction complète du métaphosphate avec formation d'oxyde de carbone :



$$PO_3K + 3C \rightarrow PK? + 3CO.$$

Les creusets utilisés étaient en graphite pur.

Nous avons obtenu sur le tube métallique condenseur un produit jaune qui distillait au-dessus de 1100° avec le sel de potassium et de 1200° avec le sel de sodium. Les variations du temps de chauffe (une demi-heure à 3 heures) pour atteindre ces températures ne nous ont pas semblé avoir une grande influence sur les résultats obtenus. Le produit condensé étant spontanément inflammable à l'air, nous l'avons manipulé dans une atmosphère de gaz carbonique sec. Après attaque en tube scellé par l'acide nitrique, nous avons dosé le phosphore sous forme de phosphomolybdate et le potassium sous forme de perchlorate.

Nous avons ainsi trouvé dans le produit provenant du phosphate de potassium une proportion de phosphore variant de 55 à 58 %.

Cette proportion ne correspondant à aucune formule simple de phosphure, il est probable qu'il s'agit d'un mélange de plusieurs phosphures et peut-être aussi de phosphore.

Le produit obtenu est soluble dans l'ammoniac liquéfié qui se colore en jaune, et non en bleu, ce qui tendrait à prouver qu'il n'y a pas d'alcalin libre. L'altération à l'air se manifeste par une forte odeur d'ail.

ENDOCRINOLOGIE. — *Nouvelles remarques concernant l'effet de l'ovariectomie sur la gestation.* Note de M. **Robert Courrier** et Mme **Rose-Marie-Andrée Colonge**.

Quand on effectue la castration chez une femelle gestante de Rat ou de Lapin, l'utérus, en l'absence d'hormone ovarienne, comprime fortement les fœtus : il les déforme (Rat) ou les tue (Lapin). Chez le Lapin, le fœtus extra-utérin se développe normalement en l'absence d'ovaire, tandis que le fœtus intra-utérin meurt inévitablement.

Il est bien connu que la castration entraîne inéluctablement chez le Lapin l'arrêt total de la gestation; l'interruption s'effectue par résorption des masses

ovulaires dans l'utérus, ou par expulsion des fœtus et de leur placentas, suivant l'âge de la grossesse.

Le Rat se comporte de toute autre façon. Johnson et Challans ([1]), Nelson et Haterius ([2]) avaient admis que, pour cette espèce comme pour le Lapin, l'ovariectomie provoquait toujours l'avortement dans les 48 heures. Mais en castrant au 16e ou au 17e jour, A. M. Hain ([3]) a observé que les fœtus continuent à se développer, et ne sont expulsés que 3 ou 4 jours plus tard, c'est-à-dire très peu de temps avant le terme normal. Il est vrai que la castration est effectuée par Hain à une époque bien tardive.

Selye, Collip et Thomson ([4]) enlèvent les ovaires chez le Rat entre le 9e et le 12e jour de la gestation; examinant 5 jours après, ils enregistrent les résultats suivants : dans plusieurs cas tous les fœtus sont morts, alors que leurs placentas, vivants, sont restés fixés à la paroi utérine. Dans un cas unique, ils retrouvent cette dissociation fœto-placentaire, mais un seul fœtus est resté vivant et semble comprimé par les parois utérines. Hatérius ([5]) a donné de ce résultat l'explication suivante : les placentas vivants dont les embryons sont morts fourniraient chacun de la progestérone dont la quantité totale deviendrait suffisante pour permettre l'évolution d'un seul fœtus en l'absence d'ovaire. Mais Hatérius et Kempner ([6]) ont envisagé plus tard une explication différente : lorsque plusieurs placentas permettent à un seul fœtus d'évoluer chez une Rate castrée, ils peuvent être remplacés par des boules de paraffine avec le même résultat; ils interviennent donc par simple action mécanique en favorisant la distension de l'utérus, et l'on sait que cette distension est un facteur de croissance [Reynolds ([7])].

Les expériences que nous avons effectuées récemment chez le Rat nous ont démontré que la castration de la femelle gestante ne conduit pas, comme chez la Lapine, à l'arrêt total de la gestation. Nous avons observé des grossesses partielles; parfois le nombre des fœtus qui évoluent est particulièrement élevé. Ces grossesses ne peuvent s'expliquer par un rôle hormonal des placentas sans embryon. Voici des résultats qui le démontrent :

a. Castration vers le 12e jour; six jours après, on trouve sept fœtus vivants dans l'utérus sans placenta surnuméraire ([8]).

b. Castration vers le 13e jour; quatre jours après, on trouve deux fœtus

---

([1]) *Anat. record.*, 47, 1930, p. 300.
([2]) *Physiol. Zoölogy*, 3, 1930, p. 231.
([3]) *Q. J. exp. Physiol.*, 24, 1934, p. 101.
([4]) *Endocrinology*, 19, 1935, p. 151.
([5]) *Am. J. Physiol.*, 114, 1936, p. 399.
([6]) *Proc. Soc. exper. Biol. and Med.*, 42, 1939, p. 322.
([7]) *Physiology of the uterus*, 1939.
([8]) Nous avons songé à une suppléance exercée par la cortico-surrénale.

vivants dans la corne droite et trois autres dans la corne gauche, sans placenta surnuméraire.

c. Castration vers le 12e jour; cinq jours après, on trouve deux fœtus vivants à droite, et à gauche un fœtus vivant avec un seul placenta en surplus.

Les fœtus, qui parviennent à évoluer un certain temps dans l'utérus d'une Rate castrée, paraissent souvent fortement comprimés. Ils présentent fréquemment des ecchymoses et des déformations de la région céphalique. Les exemples les plus caractéristiques de compression proviennent d'expériences où nous avions pratiqué, lors de la castration, une incision dans une corne utérine afin de détacher un sac embryonnaire pour le transplanter dans le péritoine. Notons en passant que nous avons obtenu de la sorte plusieurs grossesses extra-utérines chez la Rate castrée. Dans de telles expériences, les fœtus laissés dans l'utérus, et qui sont au voisinage de l'incision, peuvent, par cette brèche non refermée, faire partiellement hernie dans la cavité péritonéale; ils offrent alors de curieuses déformations : la partie intra-utérine est fortement comprimée et le fœtus peut prendre un aspect vermiforme; la partie extra-utérine est par contre œdématiée. A la jonction de ses deux parties, au niveau de la brèche utérine, le corps du fœtus présente un étranglement accentué.

Il semble qu'en l'absence d'hormone ovarienne, le muscle utérin ne soit plus capable de suivre par une expansion suffisante le développement fœtal, et qu'il se rétracte sur son contenu; certains auteurs y ont déjà songé ([9]).

Nous apportons à l'appui de cette explication des expériences démonstratives réalisées chez la Lapine gestante. Répétons que dans cette espèce, la castration détermine toujours l'arrêt total de la gestation en 48 heures. Nous n'avons jamais trouvé d'exception à cette loi, contrairement à ce que nous avons vu chez le Rat. Or, si l'ovaire de la Lapine est rigoureusement indispensable à l'évolution du fœtus contenu dans l'utérus, il n'est plus du tout nécessaire pour le fœtus placé en dehors de cet organe. Nous avions déjà formulé une telle conclusion il y a quelques années ([10]); elle fut, semble-t-il, critiquée. Nous la confirmons aujourd'hui.

Si l'on extirpe les ovaires d'une lapine gestante, et qu'au même moment on libère l'une des poches amniotiques en arrachant délicatement, lambeau par lambeau, le muscle utérin qui la circonscrit, la poche ainsi dégagée fait saillie dans la cavité péritonéale avec le fœtus qu'elle abrite, tout en demeurant adhérente à l'utérus par son placenta. Huit ou dix jours après cette agression, on constate que les fœtus laissés dans l'utérus sont morts très vite après la castration comme c'est la règle; par contre, le fœtus libéré est vivant, de taille normale, il s'est régulièrement développé.

([9]) Firor, *Am. J. Physiol.*, **104**, 1933, p. 204.
([10]) *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 820.

Le fœtus intra-utérin a donc un besoin hormonal que le fœtus extra-utérin n'éprouve plus. En l'absence d'hormone progestative, l'utérus n'est sans doute plus capable de se prêter au développement impétueux du fœtus, et peut le tuer par compression. Mais l'ovaire est devenu inutile pour le fœtus libéré des contraintes utérines. Sans ovaire, la matrice du Lapin devient un danger mortel pour le fœtus qu'elle abrite, elle reste toutefois un organe indispensable parce qu'on en peut sortir; cette commodité se solde par une complication endocrinienne.

HÉRÉDITÉ. — *Le milieu actuel, facteur d'arrêt et de déviation des mutations, dans leur transmission héréditaire.* Note de M. **Paul Wintrebert.**

Les lois de l'évolution naturelle diffèrent des lois de la génétique évolutive. Le milieu peut inhiber l'action des gènes. Les *Dauervariationen* sont des mutations véritables, rendues clandestines par le changement de milieu.

Dans une étude précédente (1) j'ai tenté d'établir un mécanisme de l'évolution fondé sur deux principes, le premier, que les êtres vivants, grâce à leur faculté d'invention, sont capables, dans le cadre spécifique, de s'adapter aux circonstances, le second, que l'évolution est un jeu de la nature, réglé par la loi physique fondamentale, qui fixe à leur patrimoine, l'hormone adaptative qu'ils ont élaborée. Je considère, en outre, l'ontogénèse comme la reproduction, strictement ordonnée sur le plan chimique, des mutations phylétiques (2).

Le point d'achoppement de ce *lamarckisme chimique*, fondé sur le pouvoir du vivant, avec les autres théories et spécialement avec le néo-darwinisme généticien, concerne l'action ambiante. Celle-ci n'est pas seulement stimulante d'un changement fortuit, mais commande une réaction biologique immunisante, appropriée aux conditions de vie.

Le milieu dans l'ontogénèse. — L'influence du milieu sur la structure et le comportement des larves a été mise en valeur par J. Kollmann (3) qui étudia la *néoténie* des Amphibiens; elle fut illustrée par A. Giard qui, sous le nom de *pœcilogonie*, rassembla de nombreux exemples de variations larvaires d'une même espèce, dans des milieux différents, variations saisonnières, géographiques, éthologiques, qui, malgré leur diversité, conduisent à un adulte *constamment semblable à lui-même ou ne présentant que des modifications très légères* (4).

Chez l'embryon, muré dans ses enveloppes, l'invention biologique se révèle, non plus par la formation d'appareils utilitaires d'exploitation, mais de manière

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1079.
(2) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 326.
(3) *Rec. Zool. Suisse*, **1**, 1re sér., 1884, p. 83.
(4) A. Giard, *Bul. Sc., Fr. Belg.*, **39**, 1905, p. 154.

plus intime, par l'aide apportée à des fonctions indispensables à la vie, la respiration, la circulation, l'excrétion, compromises par le confinement ovulaire. La précocité et l'opportunité des manifestations observées indiquent que la faculté d'invention adaptative appartient en propre à la substance vivante, au titre de qualité spéciale, inhérente à sa structure, qu'elle répond à un besoin, à une déficience particulière de ses tissus, quel que soit le degré de leur différenciation, qu'elle se manifeste par une réaction innée à la fois inconciente et appropriée. Devant la justesse d'une telle riposte, maintenue par la loi chimique, il est difficile de refuser l'esprit à la matière vivante, en tant que qualité essentielle et primordiale. On se trouve, en effet, en présence d'attributs physiologiques tout à fait primitifs, développés en des territoires embryonnaires déjà déterminés, mais à peine différenciés, privés de toute corrélation humorale et nerveuse, de phénomènes tels que la sensibilité et la conduction aneurales du tégument chez les Amphibiens, la contraction rythmique aneurale des myotomes chez les Sélaciens. Ces phénomènes, transitoires, sont l'apanage d'une phase structurale précise, bien délimitée dans l'ontogénèse, et les mouvements du corps qu'ils suscitent, avant et pendant la première circulation, favorisent les échanges des organes entre eux et avec le milieu ambiant ([5]).

Les artifices expérimentaux de la génétique. — La génétique perce aujourd'hui, le mystère des mutations. On ne peut qu'admirer ses résultats dans l'analyse expérimentale de la variation et la localisation chromosomienne des facteurs héréditaires; mais, quand elle se propose de définir les modes naturels d'acquisition et de réalisation des gènes et d'édicter les lois de l'évolution, elle n'échappe pas à la critique. Elle pose mal le problème. Dès l'entrée en scène expérimentale, elle se sert, pour aller vite, de procédés d'investigation violents, rapides, directs, qui blessent le vivant, au lieu de susciter ses réactions, et qui ne correspondent que rarement aux facteurs ambiants. Le caractère insolite des moyens employés aurait dû la rendre prudente dans ses conclusions. Celles-ci découlent, certes, rigoureusement des résultats obtenus, mais aussi des procédés mis en œuvre pour les obtenir et participent ainsi de leur artifice. Les irradiations, en particulier, sont de véritables effractions cellulaires, dont la pénétration n'a rien de biologique et les suites qu'elles provoquent n'ont de comparable, avec les mutations naturelles, que leur origine chimique. Comment les *mutations provoquées* ne seraient-elles pas fortuites, du moment que leur production, directe et forcée, ne requiert aucun mécanisme du vivant et comment ne seraient-elles pas d'emblée et constamment héréditaires si elles résultent de mutilations génétiques irrémissibles ?

Principes lamarckiens. — A ces deux notions de la génétique, mutation fortuite, hérédité immédiate et constante, deux autres notions doivent être

([5]) P. Wintrebert, *Titres et Travaux*, 1, 1922, Paris.

substituées : 1° le vivant n'enregistre, sous la gouverne chimique, que ce qu'il a fait lui-même; 2° le défaut de transmission héréditaire ne signifie pas l'absence de mutation; un gène peut être présent et avoir son induction physiologiquement effacée par une fonction divergente, suscitée par le milieu.

Le protoplasme, partie vivante par excellence, agent créateur et réalisateur de la cellule, se trouve, en effet, placé entre deux alternatives; d'une part, il est sollicité par le milieu, c'est-à-dire le présent, de l'autre, il se trouve aux prises avec le génome, c'est-à-dire le déjà acquis, le passé; il n'obtempère aux injonctions de ce dernier qu'avec la permission du premier, quand, libéré des fonctions actuelles que le milieu lui impose, il devient apte à recevoir l'induction des gènes.

La pédomorphose exceptionnelle. — La déviation larvaire peut aller très loin et même être poussée au delà d'une génération (*Polystomum integerrimum* Frohl.) (6). Cependant, avec le fléchissement des conditions ambiantes, les gènes reprennent le dessus et ont le dernier mot. La pœcilogonie le démontre. Elle plaide ainsi contre la pédomorphose de Garstang, pronée par de Beer (7), pour laquelle les caractères embryonnaires constituent l'amorce de types nouveaux. Le vivant possède, en effet, dans son génome, une voie déjà tracée, toujours ouverte, facile à suivre, où il finit par s'engager. S'il s'agit d'expliquer la formation de nouveaux types, les bouleversements des métamorphoses, survenant en fin de série ontogénétique, prouvent qu'il n'est nul besoin, sur le plan chimique, de recourir à un point de départ embryonnaire, pour obtenir d'importants changements.

La force évolutive d'une mutation n'est pas proportionnelle à son ancienneté phylogénétique ou à sa précocité dans le développement.

Néoténie, à volonté, de l'Axolotl en métamorphose. — La récupération, sur la route de l'ontogénèse, d'un climat ancien et stable, dispose la larve à y demeurer. Ainsi l'Axolotl, larve de l'*Ambystoma tigrinum* terrestre, vit et se reproduit dans l'eau courante. Rien n'indique qu'il soit différent de l'ancêtre Axolotl avant la métamorphose, sauf en ce qui concerne les gènes définitifs qu'il a acquis en se transformant. Il n'est pas douteux qu'il les possède aujourd'hui puisqu'on le transforme par simple assèchement dans un aquarium. S'il n'en fait usage, c'est donc que le milieu aquatique, par les fonctions spéciales qu'il impose, empêche les gènes de se réaliser. La démonstration de l'influence ambiante se renforce grâce à l'arrêt, à volonté, de la métamorphose, à n'importe quel stade de celle-ci, par une simple remise à l'eau courante. On obtient ainsi des quart, des demi, des trois-quarts *Ambystoma tigrinum*, tous bien vivants, équilibrés, aptes à la reproduction (8). La viabilité parfaite de

(6) L. Gallien, *Trav. Stat. Zool. Wimereux*, 12, 1935, p. 1-181.

(7) *Congrès Intern. Zoologie*, 13e, 1949, p. 57.

(8) P. Wintrebert, *C. R. Assoc. Fr. Av. Sci.*, 1908, p. 562 et *Bull. biol. Fr. Belg.*, 56, 1922, p. 365.

ces animaux composites prouve que les deux individualités, réparties chacune dans ses territoires respectifs, s'accordent dans leur ensemble, que la métamorphose naturelle ne s'est pas faite en une fois et que les étapes expérimentales intermédiaires correspondent à des êtres qui ont réellement vécu et subsisté.

Conclusion. — Le milieu et les gènes se partagent la direction de l'ontogénèse. Les facteurs externes actuels peuvent détourner momentanément le vivant de son passé génétique et arrêtent parfois son développement d'une manière définitive. Le gène n'associe son induction au protoplasme qu'en accord avec lui; le désaccord existe quand celui-ci est entraîné par le milieu à réaliser une fonction divergente.

La disparition *progressive* des *Dauervariationen*, dans une ambiance différente de celle qui les a déterminées, n'est pas l'indice d'une somation, ni d'une fausse hérédité cytoplasmique; elle est le fait d'une orientation protoplasmique réfractaire à l'induction du gène acquis.

M. **Maurice Caullery** présente un Ouvrage de M. Jean Rostand intitulé : *La Parthénogenèse animale*, qui fait partie de la *Nouvelle collection scientifique* dirigée par M. Émile Borel.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Lucien Cuénot** et **Robert Courrier** sont désignés pour représenter l'Académie aux cérémonies qui auront lieu à Nancy, du 30 mai au 3 juin, pour célébrer le deux-centième anniversaire de la fondation de l'*Académie de Stanislas*.

CORRESPONDANCE.

M. **Félicien Boeuf** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *Richard Fosse*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Arkiv för astronomi utgivet av K. Svenska Vetenskaps-Akademien. Band 1, Häfte 1.

ALGÈBRE. — *Sur trois algorithmes associés à l'algorithme de Jacobi.* Note (*) de M. **Marcel David**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Cette Note simplifie les raisonnements donnés dans la Note précédente ([1]) relativement aux irrationnelles cubiques, en même temps qu'elle complète les résultats en les discutant suivant la nature des racines de l'équation.

Une interprétation géométrique ([2]) du développement de Jacobi

$$\alpha = a_0 + \frac{\beta_1}{\alpha_1}, \qquad \ldots; \qquad \alpha_n = a_n + \frac{\beta_{n+1}}{\alpha_{n+1}}, \qquad \ldots;$$

$$\beta = b_0 + \frac{1}{\alpha_1}, \qquad \ldots, \qquad \beta_n = b_n + \frac{1}{\alpha_{n+1}}, \qquad \ldots$$

consiste à envisager, au voisinage de la droite (D), qui porte le vecteur $(\alpha, \beta, 1)$, une suite de points P_n à coordonnées entières, tels que

$$\overrightarrow{OP}_{n-3} + \beta_n \overrightarrow{OP}_{n-2} + \alpha_n \overrightarrow{OP}_{n-1} = \overrightarrow{OD}_n \qquad \text{soit porté par (D).}$$

Le point P_n est obtenu en prenant les valeurs entières a_n et b_n immédiatement inférieures à α_n et β_n

$$\overrightarrow{OP}_{n-3} + b_n \overrightarrow{OP}_{n-2} + a_n \overrightarrow{OP}_{n-1} = \overrightarrow{OP}_n.$$

On a alors

$$\alpha_n \geqq 1 \qquad \text{et} \qquad \alpha_n \geqq \beta_n \geqq 0 \qquad \text{pour} \quad n \geqq 1.$$

Envisageons les trois autres développements où l'on choisit, pour obtenir P_n, les trois autres combinaisons des valeurs entières approchant α_n et β_n (qui dès lors ne seront plus tous deux positifs).

Premier cas. — Soit $a_n \leqq \alpha_n$ et $b_n \geqq \beta_n$. On a alors, pour $n \geqq 1$,

$$\alpha_n \leqq -1 \qquad \text{et} \qquad \alpha_n \geqq \beta_n \leqq 0.$$

Deuxième cas. — Soit $a_n \geqq \alpha_n$ et $b_n \geqq \beta_n$. On a alors, pour $n \geqq 1$,

$$\alpha_n \leqq -1 \qquad \text{et} \qquad -\alpha_n \geqq \beta_n \geqq 0.$$

Troisième cas. — Soit $a_n \geqq \alpha_n$ et $b_n \leqq \beta_n$. On a alors, pour $n \geqq 1$,

$$\alpha_n \geqq 1 \qquad \text{et} \qquad 0 \leqq -\beta_n \leqq \alpha_n.$$

Il est facile de voir, pour ces trois développements, comme pour celui de Jacobi (dont les formules restent algébriquement valables), que la périodicité (de P_n à P_{n+k} pour $n \geqq n_0$) fournit une unité d'un corps cubique

$$\rho = \alpha_{n+1}\alpha_{n+2}\ldots\alpha_{n+k},$$

qui appartient au module $(1, \alpha, \beta)$ et telle que $\rho\rho'\rho'' = +1$.

(*) Séance du 3 avril 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 965-967.

([2]) Cette interprétation m'a été communiquée en 1943 par M. Chabauty.

α et β sont alors deux irrationnelles, non liées linéairement, de ce corps. L'affinité relative à (D), (D'), (D''), de multiplicateurs ρ, ρ', ρ'', fait avancer, pour $n \geqq n_0$, tous les points de l'algorithme, de P_n à P_{n+k}.

Projetons P_n sur xOy, parallèlement à (D), en M_n. S'il y a période, la direction OM_{n+m} doit, pour m tendant vers l'infini :

a. tourner constamment si le corps est à conjugués imaginaires;

b. tendre, si le corps est à conjugués réels, vers l'une des projections $(\mathcal{D}')$ ou $(\mathcal{D}'')$ de (D') ou (D''), car $|\rho'| \neq |\rho''|$ ([3]).

La récurrence

$$\overrightarrow{OM}_{n-3} + \beta_n \overrightarrow{OM}_{n-2} + \alpha_n \overrightarrow{OM}_{n-1} = 0,$$

qui n'interdit aucune de ces éventualités dans les cas de $\alpha_n \geqq 0$ (Jacobi et troisième cas), permet par contre de conclure pour les deux autres développements :

Premier cas : $\alpha_n < 0$ et $\beta_n < 0$; alors M_{n-3} est intérieur à $\widehat{M_{n-2}OM_{n-1}}$, qui ne peut donc plus contenir, non plus que son opposé, les points M_{n+k}.

Deuxième cas : $\alpha_n < 0$ et $\beta_n > 0$; alors M_{n-1} est intérieur à $\widehat{M_{n-2}OM_{n-3}}$ qui contient donc les points M_{n+k}.

Dans ces deux cas, le développement ne peut devenir périodique pour un corps à conjugués imaginaires (rotation impossible).

Dans un corps à conjugués réels, il en sera de même si $(\mathcal{D}')$ et $(\mathcal{D}'')$ sont toutes deux dans une région que M_n ne peut atteindre.

En raisonnant à partir du plan $OP_{n-2}P_{n-1}$, ceci fournit des conditions suffisantes de non-périodicité :

Premier cas :

$$(\alpha_n - \alpha'_n)(\beta_n - \beta'_n) > 0 \quad \text{et} \quad (\alpha_n - \alpha''_n)(\beta_n - \beta''_n) > 0,$$

conditions déjà trouvées, par une méthode moins directe, dans la Note précédente.

Deuxième cas :

$$(\alpha_n - \alpha'_n)(\beta_n - \beta'_n) < 0 \quad \text{et} \quad (\alpha_n - \alpha''_n)(\beta_n - \beta''_n) < 0.$$

Ces conditions peuvent exister dès le début (donc pour α, β et leurs conjugués) ou apparaître au cours du développement.

On peut voir de plus, lorsqu'il y a périodicité, que l'unité ρ obtenue, du signe de $(-1)^k$, satisfait à $|\rho| > 1$, $|\rho'| < 1$, $|\rho''| < 1$, l'une des conjuguées étant positive (la plus voisine de zéro dans le premier cas, la plus éloignée dans le deuxième cas), l'autre conjuguée étant du signe de $(-1)^k$.

([3]) Minkowski, *Acta Math.*, 26, 1902, p. 333-351.

ALGÈBRE. — *L'extension d'une* $(<, .)$ *algèbre à une* $(\Sigma^*, .)$ *algèbre*. Note (*) de M. **Viakalathur S. Krishnan**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans l'étude des sous-algèbres remarquables d'une algèbre, on rencontre des algèbres avec opérations binaires qui sont aussi ordonnées partiellement par la relation d'inclusion. Elles sont souvent des treillis complets avec somme distribuée par telle ou telle opération binaire; où l'ordre, au moins, est conservé, par les opérations binaires. Il en est ainsi par exemple, pour les sous-modules permis d'un anneau, un sous-anneau étant pris comme anneau d'opérateurs; ou pour les *m-lattices*, *cm-lattices*, *l-semi-groupes*, *cl-semi-groupes*, etc., définis par Garrett Birkhoff (1).

Ici nous montrons qu'en général une $(<, .)$ algèbre peut être immergée dans une $(\Sigma^*, .)$ algèbre; de plus, dans la famille de ces extensions il y en a une qui est, en un certain sens, minimale et unique (à un isomorphisme près).

Posons que P est une $(<, .)$ algèbre : c'est-à-dire ordonnée partiellement par $<$, et fermée pour une opération binaire $(.)$ telle que

$$a < b \to a.c < b.c \ \&\ c.a < c.b, \text{ pour tout } c \in P.$$

Considérons la famille L des sous-ensembles non vides de P contenant 1° b avec a si $b < a$, et 2° c avec les $\{c_i\}$, si $c = \Sigma^*_i c_i$ dans P [où la *somme distributive*, $\Sigma^*_i c_i$, des $\{c_i\}$ est définie comme la somme ou la borne supérieure $\Sigma_i c_i$ (par rapport à $<$) quand elle existe dans P et vérifie de plus les lois de distributivité des deux côtes

$$d.\left(\sum_i c_i\right) = \Sigma(d.c_i) \qquad \text{et} \qquad \left(\sum_i c_i\right).d = \Sigma(c_i.d),$$

pour chaque d de P]. On peut étendre la multiplication $(.)$ de P à une multiplication $(\times)$ dans L (2), et L est ordonné partiellement par la relation d'inclusion ordinaire. Par rapport à cette multiplication et cet ordre, L est une $(<, .)$ algèbre (2); de plus, il est fermé aussi par rapport à (Σ^*), et il contient un sous-ensemble $\overline{P}$ isomorphe à P dont il est une sur-algèbre par rapport à $(\Sigma^*, .)$ (c'est-à-dire que les relations $\bar{a} = \Sigma^* \bar{a}_i$, ou $\bar{a} = \bar{b}.\bar{c}$ dans P entraînent, respectivement, les même relations dans L). C'est une telle $(\Sigma^*, .)$ algèbre que nous appelons une *extension de* P *pour* $(\Sigma^*, .)$.

(*) Séance du 12 avril 1950.

(1) *Voir* le Chapitre XIII de l'édition révisée de *Lattice Theory* (*Trans. Amer. Math. Soc., Colloq. Publ.*, 25, 1948).

(2) Il est commode de noter la multiplication dans L par un symbole $(\times)$ différent de $(.)$; L est donc une $(<, .)$ algèbre et une $(\Sigma^*, .)$ algèbre, où la multiplication $(.)$ est désignée par $(\times)$.

Dans la famille $\mathcal{F}$ de ces extensions de P pour $(\Sigma^*, .)$ nous considérons deux relations d'ordre R et R* définies par $L_1 R L_2$ (resp. $L_1 R^* L_2$) s'il y a un homomorphisme (resp. un isomorphisme) par rapport à $(\Sigma^*, .)$ de L_1 *dans* L_2 qui est, de plus, un isomorphisme de P_1 sur P_2 (P_1, P_2 étant les sous-ensembles des extensions L_1, L_2 respectivement, qui sont isomorphes à P). Avec ces définitions on voit que $L_1 R L_2$ entraîne $L_1 R^* L_2$; et $L_1 R^* L_2$, $L_2 R^* L_1$ n'entraînent pas que L_1, L_2 sont isomorphes.

L'extension L possède les deux propriétés suivantes :

1° LRL', pour tout $L' \in \mathcal{F}$;

2° LR^*L_1, si $L_1 \in \mathcal{F}$ et $L_1 RL'$ pour tout L' de $\mathcal{F}$.

Les propriétés 1° et 2° caractérisent L d'une façon unique (à un isomorphisme près). Par conséquent, s'il y a un élément minimal de $\mathcal{F}$, ou d'une sous-famille $\mathcal{F}'$ de $\mathcal{F}$, par rapport à l'ordre R*, il faut que cet élément minimal soit isomorphe à L_1 et L est le seul élément minimal. On peut effectivement définir une telle sous-famille de $\mathcal{F}$, la famille des extensions *normales*, dans laquelle L est un élément minimal par rapport à R*, donc aussi seul élément minimal.

Les démonstrations paraitront dans un autre Recueil.

Dans une Note prochaine, nous considérerons quelques exemples, et la relation qui existe entre les congruences par rapport à $(\Sigma^*, .)$ définies dans P et dans L.

MÉCANIQUE. — *Sur la stabilité des régulateurs automatiques par action intégrale et dérivée seconde conjuguées.* Note (*) de M. **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Par la méthode de fusion des racines, on recherche l'influence de l'addition d'une réaction intégrale, aux modes précédemment étudiés; réaction proportionnelle, et réaction proportionnelle conjuguée à une réaction dérivée. On montre, enfin, le grand intérêt de la réaction dérivée seconde.

Nous conservons ici les deux hypothèses et les notations d'une Note précédente (1). Nous faisons intervenir maintenant une réaction intégrale qui se traduit par l'adjonction d'un terme en k/p dans $R(p)$ dont la forme devient : $r + hp + k/p$. La constante de temps caractéristique du nouveau réglage est, on le sait, proportionnelle à $1/k$.

a. Les racines du polynôme $B_h(x)$ (1) sont alors remplacées par celles de l'équation $B_h(x) - k/x = 0$; celles-ci sont les abscisses des points b_0, b_1 d'intersection de la courbe $y = B_h(x)$ et de la branche d'hyperbole $xy = k$, $x \geqq 0$. La stabilité du circuit de régulation exige donc que les racines de $A_r(x)$ restent

(*) Séance du 27 mars 1950.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1380.

entrelacées avec ces points b. En particulier, la plus faible de leurs abscisses doit être inférieure à la plus petite des racines a_1 de $A_r(x)$ (*fig.* 1). On voit sur la figure que, dans tous les cas, un renforcement exagéré de k, c'est-à-dire de la rapidité d'action du réglage intégral, déclenche fatalement des oscillations spontanées de basse fréquence. On reconnaît aussi que la stabilité est favorisée par :

1° Une action proportionnelle, qui entraîne la translation de la courbe $y = A(x)$ vers les $y > 0$, dans les cas où la racine a_1 est voisine de l'origine, il en sera généralement ainsi quand le coefficient d'amplification G_0 de l'installation sera grand.

2° Une action dérivée de sens normal $h > 0$ qui entraîne une translation de la courbe $y = B(x)$ vers les $y > 0$.

L'on trouve ici l'une des raisons des succès fréquents que procure l'association des trois actions.

b. Supposons d'abord h nul et r légèrement inférieur à r_0, limite d'amorçage des oscillations dans le système à régulation proportionnelle seule; les fonctions $A_r(x)$ et $B(x)$ ont, au voisinage de leurs racines presque confondues (d'abscisse $x_0 = \omega_0^2$), l'un ou l'autre des deux aspects (I) et (II) de la figure 2.

Or la racine correspondante de $B(x) - k/x$ se trouve déplacée par rapport à celle de $B(x)$ dans le sens de la flèche, car $B'(x_0)$ est négatif ([1]).

Il en résulte que l'introduction d'une action intégrale ne sera favorable à la stabilité que dans le cas (II) où l'action dérivée positive ($h < 0$) est, elle aussi, favorable. Cependant, la figure 1 montre que cette intervention sera généralement moins efficace que celle de l'action dérivée négative. La réaction intégrale conserve par ailleurs l'avantage de supprimer le *statisme*. Lorsque cette particularité est sans importance, comme pour les filtres stabilisateurs placés sur le circuit de réaction des servo-mécanismes, on devra préférer la réaction dérivée positive.

Dans le cas (I), lorsque l'action intégrale est nécessaire, son effet sur la stabilité est défavorable; on pourra restaurer la stabilité en introduisant une réaction dérivée négative de sens usuel ($h > 0$).

c. Supposant maintenant h fixé à sa valeur optima h_1 et r légèrement inférieur à r_1 défini dans la référence ([1]). L'aspect des courbes $A_r(x)$ et $B_{h_1}(x)$ aux voisinages des deux racines intéressées $x_0 = \omega_0^2$ et $x'_0 = \omega_0'^2$ est l'un de ceux de la figure 3. Dans tous les cas, l'intervention du réglage intégral diminue la marge de sécurité soit au voisinage de x_0 [cas (I), (II), (III) : $h_1 > 0$], soit au voisinage de x'_0 [cas (IV), (V), (VI) : $h_1 < 0$]. Dans les cas de la première catégorie ($h_1 > 0$), il convient de diminuer l'action proportionnelle pour faire place à l'action intégrale que l'on désire introduire; pour ($h_1 < 0$) il est, au contraire, possible de maintenir le niveau de l'action proportionnelle, mais il faut diminuer le module de l'action dérivée.

d. Un réglage par action dérivée du second ordre se traduira par l'apparition d'un terme en lp^2 dans $R(p)$; nous en tiendrons compte en remplaçant les racines $A_r(x)$ par les abscisses des points d'intersection de la courbe $y = A_r(x)$ avec la droite $y = lx$.

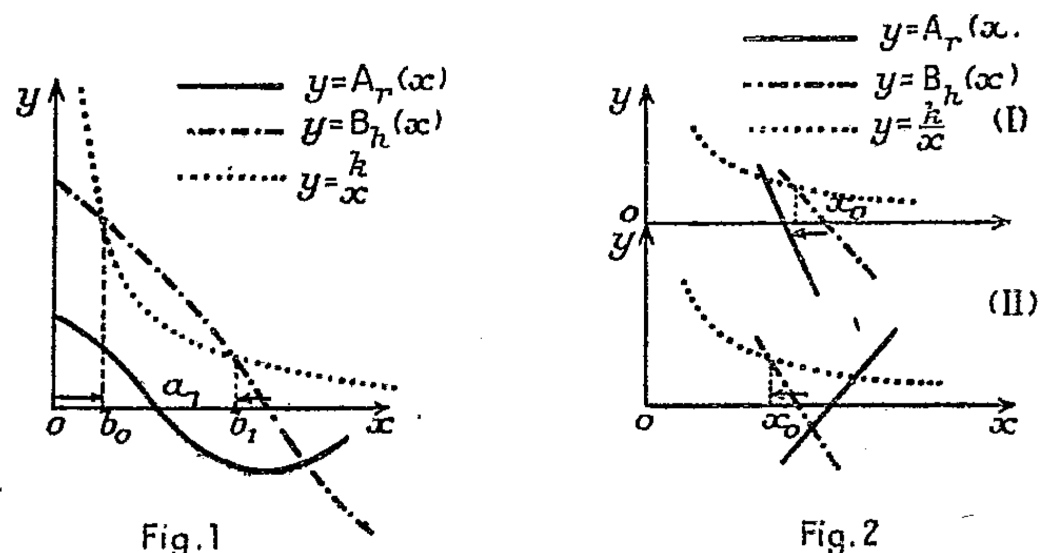


Fig. 1 Fig. 2

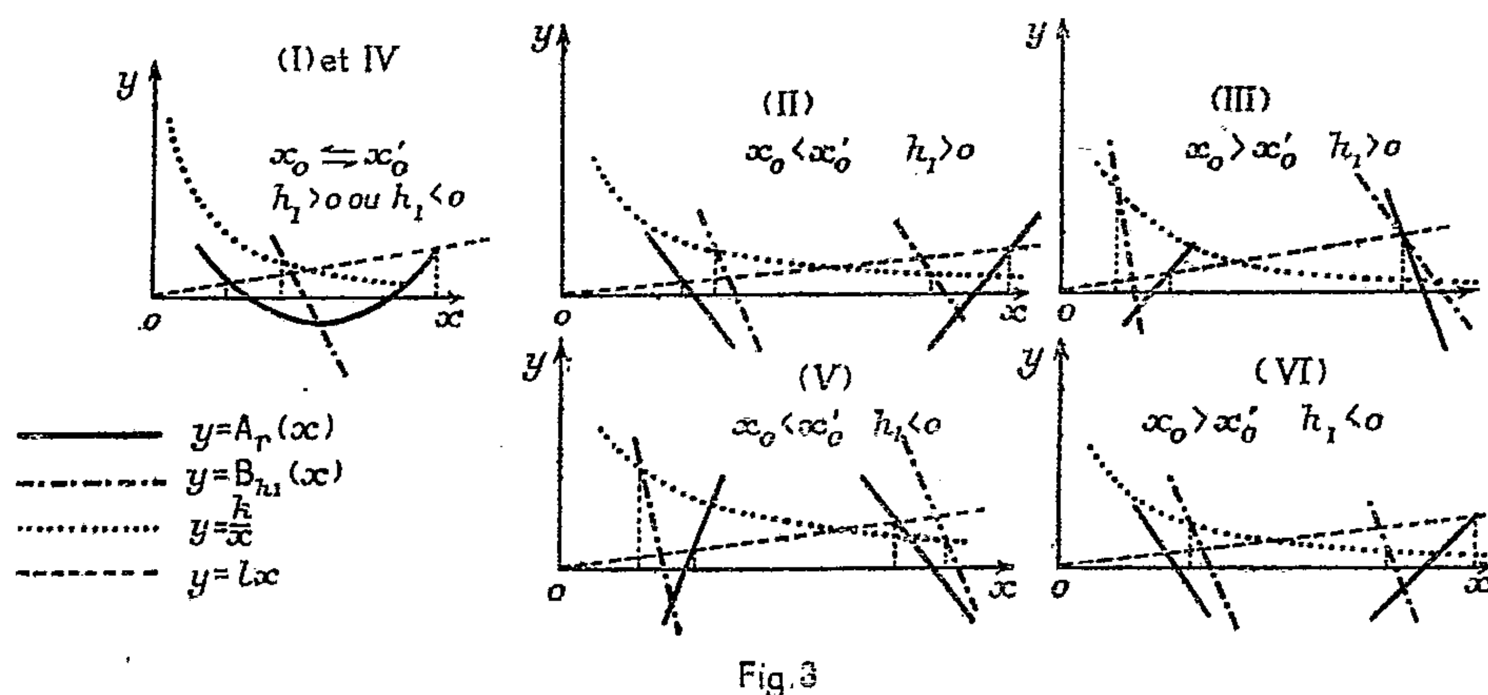


Fig. 3

On voit facilement sur les figures 2 et 3 l'heureux effet d'une telle substitution quand le coefficient l est > 0. L'introduction de ce genre de réglage apparaît donc comme souhaitable dans la majorité des cas. Il ne pourrait avoir d'action néfaste que lorsque l'installation présente un très grand coefficient d'amplification (se reporter à la figure 1); l'inconvénient est minime, car la racine a_1 se situe au voisinage de l'origine.

HYDRAULIQUE. — *Sur la pente de la surface libre au voisinage de la profondeur critique pour un écoulement dans un canal.* Note (*) de M. **Robert Silber**, présentée par M. Henri Villat.

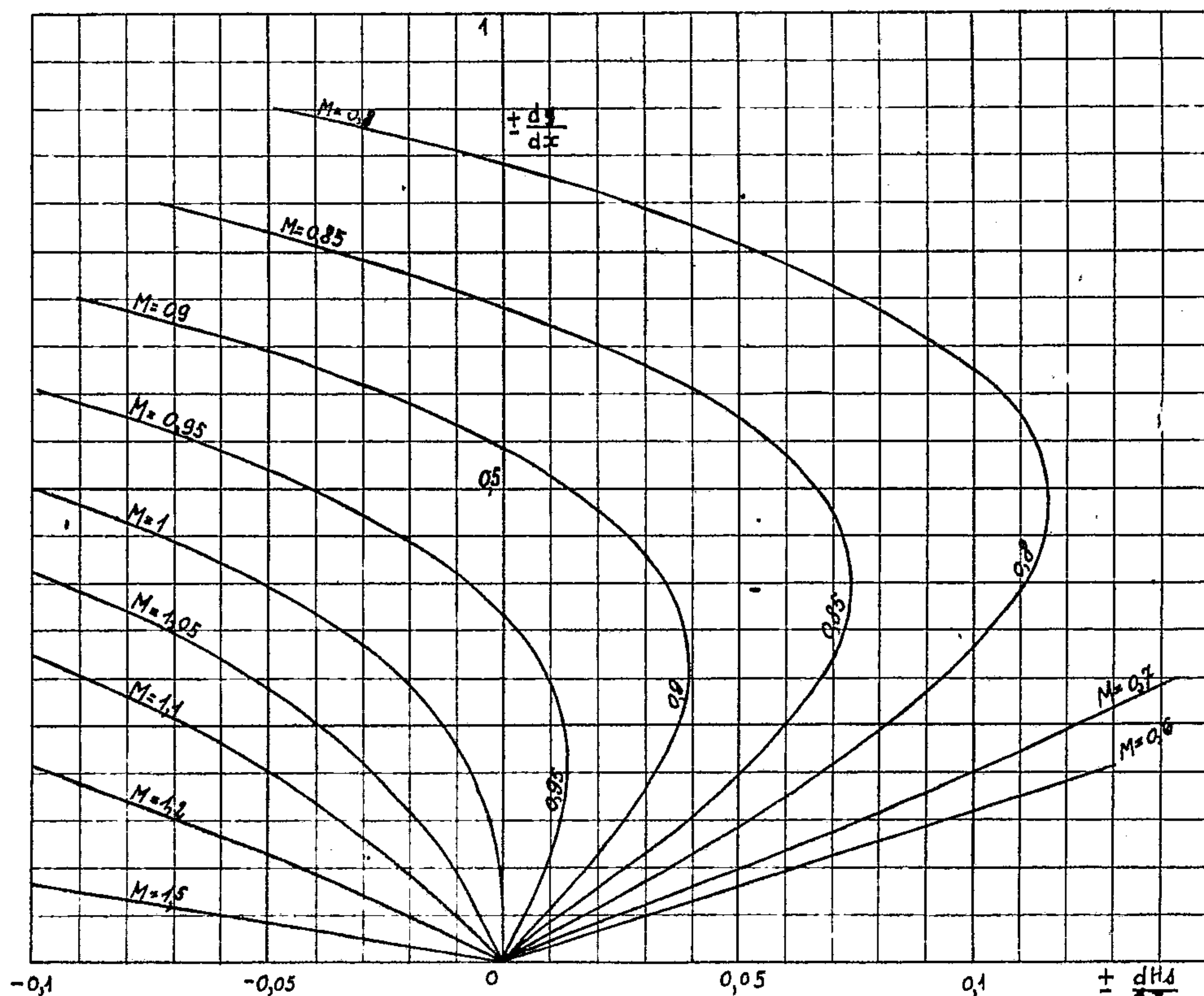
Dans un écoulement en canal on désigne d'habitude par C le coefficient de Chézy, R_H le rayon hydraulique, H_s la charge spécifique.

(*) Séance du 12 avril 1950.

L'équation classique de la pente de la surface libre de l'eau dans un canal prismatique mise sous la forme

$$(1) \qquad \frac{dy}{dx} = i_r \frac{1 - \dfrac{Q^2}{C^2 S^2 R_H i_r}}{1 - \dfrac{Q^2 l}{g S^3}} = \frac{\dfrac{dH_s}{dx}}{1 - M^2},$$

(M étant le nombre de Mach, rapport de la vitesse moyenne à la célérité des ébranlements pour la profondeur moyenne du canal), semble indiquer que la pente est infinie pour la profondeur critique $M = 1$. L'expérience montre qu'il



n'en est rien. Nous allons montrer qu'elle est même en général très faible. L'équation a été obtenue en exprimant la charge dans la section sous la forme

$$H = h + y + \frac{U^2}{2g} = h + y + \frac{Q^2}{2gS^2}$$

basée sur l'hypothèse que la vitesse est uniforme dans la section, égale à la vitesse moyenne et parallèle à l'axe du canal. Lorsqu'on ne peut plus négliger la pente, l'expression de la charge peut s'écrire

$$H = h + y + \frac{1}{Q}\int_s \frac{u^2 + v^2}{2g}\, u\, d\sigma = h + y + \alpha\frac{U^2}{2g} + K\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 \frac{U^2}{2g},$$

avec

$$\alpha = \int_s \left(\frac{u}{U}\right)^3 \frac{d\sigma}{S}, \qquad K = \int_s \left(\frac{j}{\frac{dy}{dx}}\right)^2 \left(\frac{u}{U}\right)^3 \frac{d\sigma}{S}, \qquad j = \frac{v}{u}.$$

En supposant $\alpha = 1$, hypothèse classique, K apparaît comme un coefficient tenant compte de la répartition des pentes dans la section, faiblement inférieur à 1. L'équation précédente s'écrit

$$H = h + y + \left[1 + K\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right] \frac{Q^2}{2gS^2}$$

et l'équation (1) est remplacée par

$$(2) \qquad \frac{dH_s}{dx} = (1 - M^2)\frac{dy}{dx} - M^2 K \left(\frac{dy}{dx}\right)^3,$$

équation différentielle plus compliquée que (1), mais d'où nous pouvons tirer l'évolution de la pente (*figure*) en fonction de la variation de la charge spécifique et du nombre de Mach. L'équation (1) serait représentée par la tangente à l'origine des différentes courbes. En fait dH_s/dx varie au plus de — 0,02 à + 0,02. Il lui correspond des pentes au maximum égales à 0,25. Celle-ci est d'ailleurs rigoureusement nulle lorsque dH_s/dx est nul : cas en particulier du passage de l'écoulement fluvial à l'écoulement torrentiel, dans un canal prismatique de pente variable, le changement de pente se faisant avec une courbure faible ; le passage a lieu à la section de contrôle caractérisée par la pente critique à la profondeur critique.

AÉROTECHNIQUE. — *Méthode simple et plus exacte pour le tarage des fils chauds.* Note (*) de M. **Gottfried Dätwyler**, présentée par M. Joseph Pérès.

I. Le tarage des fils chauds est facilité par la formule (1)

$$u' = \frac{4e}{I^2\left(\frac{\partial R}{\partial I}\right)\left\{1 - \left(\frac{I_0}{I}\right)^2\right\}}$$

dérivée de la loi de King, où entre autre :

e, valeur efficace des fluctuations de la tension E du fil chaud ;

I_0, courant de chauffage du fil chaud sans vent ($U = 0$), donnant la même résistance R comme avec le vent.

L'expression analytique du quotient différentiel ($\partial R/\partial I$) est dérivée également

(*) Séance du 27 mars 1950.

(1) *Congrès National de l'Aviation Française de* 1946, Rapport N° 42/500.

de la loi de King

$$I^2R = \left\{A\left(1 + a\frac{R-R_a}{R_a}\right) + B\left(1 + b\frac{R-R_a}{R_a}\right)\sqrt{U}\right\}\left(\frac{R-R_a}{R_a}\right),$$

qui est souvent utilisée dans la forme *linéaire*

$$I^2R = (A + B\sqrt{U})\cdot\left(\frac{R-R_a}{R_a}\right),$$

où R_a, résistance du fil froid; a, constante qui dépend du matériel du fil chaud et de la température de l'air.

On obtient :

1° de la loi linéaire

$$\left(\frac{\partial R}{\partial I}\right) = \frac{2E}{I^2}\cdot\left(\frac{R-R_a}{R_a}\right).$$

L'expression $[(R-R_a)/R_a]$ se détermine avec deux valeurs I et $I^\star = (I/2)$ du courant, qui donnent les tensions E et $E^\star \leqq (E/2)$, comme

$$\left(\frac{R-R_a}{R_a}\right) = \frac{2}{3}\left(\frac{E}{E^\star} - 2\right),$$

d'où

$$u' = \frac{3\left(\frac{e}{E}\right)}{\left(\frac{E}{E^\star} - 2\right)\cdot\left\{1 - \left(\frac{I_0}{I}\right)^2\right\}}.$$

2° De la loi *élargie* qui, de même que la dérivée $(\partial R/\partial I)$, est *linéarisée* en substituant l'approximation linéaire $[(R-R_a)/R_a] = (2/3)[(E/E^\star) - 2]$ dans le terme additionnel $[a(R-R_a)/R_a]$ et où le très petit terme $[b(R-R_a)/R_a]$ est négligé, on obtient

$$u' = \frac{3\left(\frac{e}{E}\right)}{\left(\frac{E}{E^\star} - 2\right)\left\{1 - \left(\frac{I_0}{I}\right)^2\right\}}\;\frac{\left(1 - \frac{4}{3}\delta\right)\left(1 + \frac{2}{3}\frac{E}{E^\star}\delta\right)}{(1-\delta)} = u'_{\text{linéaire}} f_1$$

où

$$\delta = \left(\frac{I_0}{I}\right)^2 a\,\frac{\frac{2}{3}\left(\frac{E}{E^\star} - 2\right)\left(1 - \frac{E^\star}{2E}\right)}{\left\{1 + \frac{2}{3}a\left(\frac{E}{E^\star} - 2\right)\right\}}.$$

II. La valeur de la constante de temps M obtenue de la loi linéaire de *King* doit être multipliée par le factenr $(1/f_1)$.

III. Si le courant I n'est pas constant les résultats sont les suivants.

Soit

$$\left(\frac{\partial R}{\partial I}\right) = \frac{E}{I^2}(p - 1),$$

où

$$p = \frac{\left(\frac{dE}{E}\right)}{\left(\frac{dI}{I}\right)},$$

alors, de la loi de King,

$$u' = \frac{e}{E} \frac{4}{(p-1)\left\{1 - \left(\frac{I_0}{I}\right)^2\right\}} \frac{\{1 + \lambda(p-1)\}}{(1-\lambda)},$$

où

$$\lambda = \left(\frac{E}{E_B}\right);$$

E_B, tension de la source du courant de chauffage (batterie).

La correction dérivée de la loi élargie de King s'applique ici deux fois c'est-à-dire dans le dénominateur et dans le numérateur, le second exigeant une correction additionnelle

$$f_2 = \frac{\left\{1 + \lambda(p-1)\frac{1}{f_1}\right\}}{\{1 + \lambda(p-1)\}}.$$

Donc

$$u' = u'_{\text{linéaire}} f_1 f_2,$$

et

$$M = M_{\text{linéaire}} \left(\frac{1}{f_1 f_2}\right).$$

ASTRONOMIE. — *Détermination du mouvement du Soleil et de l'ellipsoïde des vitesses stellaires résiduelles au moyen des mouvements propres des étoiles de septième magnitude.* Note de M. **Jean Delhaye**, présentée par M. André Danjon.

J'ai utilisé les mouvements propres du *General Catalogue* de B. Boss ([1]) pour déterminer le mouvement du Soleil et les éléments de l'ellipsoïde des vitesses résiduelles pour les étoiles de septième magnitude.

Les étoiles étudiées répondent aux caractéristiques suivantes :

Groupe.	Magnitude app.	Type spectral.	Nombre d'étoiles.
A...............	$6{,}0 < m < 7{,}5$	B8-A5	5089
F...............	–	F0-F9	2748
K...............	–	K0-K2	4439
			12276

Les mouvements propres donnés par le *General Catalogue* pour ces étoiles ont été ramenés partiellement au système du *Dritter Fundamentalkatalog* ([2])

([1]) *General Catalogue of* 33 342 *stars for the epoch* 1950 (*Carnegie Inst. of Washington*, Pub. n° 468, 1937).

([2]) A. Kopff, *Dritter Fundamentalkatalog des Berliner Astronomischen Jahrbuchs* (*Ver. Astr. Rechen-Insts.*, Berlin, Dahlem 54, 1937).

à l'aide de tables publiées antérieurement par le Dr Blaauw, de l'Observatoire de Leyde, et moi (3). Cette opération est justifiée dans l'introduction à ces tables.

La sphère céleste a été divisée en 26 régions limitées par des méridiens et des parallèles équatoriaux de façon à pouvoir les grouper dans l'un ou l'autre de deux ensembles distincts : *a*. la zone G comprise entre les parallèles galactiques de — 40° et + 40° de latitude; *b*. les calottes polaires galactiques situées au-dessous et au au-dessus des ces parallèles, et dont nous désignerons l'ensemble par P.

La méthode qui a été appliquée pour déterminer l'ellipse des vitesses et la projection du mouvement solaire pour chaque région et chacun des groupes A, F et K est la méthode indiquée par Schwarzschild et connue sous le nom de *deuxième méthode de Schwarzschild* (4).

Des solutions d'ensemble ont été calculées pour en déduire les éléments de la translation solaire et de l'ellipsoïde des vitesses résiduelles pour chacun des trois groupes, en considérant séparément les régions P et les régions G. Les résultats de ces solutions ont été réunis dans le tableau ci-après, les différentes notations utilisées ayant la signification suivante :

L, longitude galactique de la direction du grand axe de l'ellipsoïde des vitesses;
B, latitude galactique de cette direction;
K/H, rapport des axes de l'ellipsoïde (supposé de révolution autour de son grand axe dans l'hypothèse de Schwarzschild);
L', longitude galactique de l'apex solaire;
B', latitude galactique de l'apex solaire;
V_0H, rapport de la vitesse du Soleil au demi petit axe de l'ellipsoïde;
em(x), erreur médiane de la détermination de x.

	Groupe A.		Groupe F.		Groupe K.	
	P.	G.	P.	G.	P.	G.
L	350°,7	352°,3	345°,8	336°,3	335°,5	335°,9
em(L)	4°,6	4°,8	4°,8	2°,8	3°,8	3°,4
B	+0°,8	−2°,2	−7°,1	−6°,3	−5°,7	−3°,8
em(B)	8°,4	3°,7	8°,7	2°,2	6°,7	2°,6
K/H	0,552	0,585	0,571	0,580	0,692	0,637
em(K/H)	0,031	0,030	0,032	0,018	0,024	0,022
L'	11°,4	12°,6	19°,1	20°,7	35°,3	32°,0
em(L')	3°,5	3°,4	3°,4	3°,1	3°,3	2°,4
B'	+26°,3	+20°,5	+30°,1	+18°,8	+19°,4	+17°,8
em(B')	4°,7	2°,5	4°,9	2°,3	4°,5	1°,8
V_0H	0,998	1,093	0,976	0,763	0,631	0,713
em(V_0H)	0,059	0,056	0,063	0,036	0,032	0,028

(3) *A table of systematic corrections to the proper motions of the General Catalogue* (*Bull. of the Ast. Inst. of the Netherlands*, 10, n° 400, 1949).

(4) *Voir* par exemple : W. M. SMART, *Stellar Dynamics*, Chap. V (*Cambridge University Press*, 1938).

Cette étude confirme les déterminations antérieures, en fournissant pour les divers éléments cherchés des valeurs sensiblement plus précises. L'écart entre la direction du grand axe de l'ellipsoïde des vitesses et la direction du centre galactique (325° de longitude, 0° de latitude), particulièrement important pour les étoiles A, reçoit ici une nouvelle confirmation, de même que la variation systématique de la position de l'apex solaire avec le type spectral.

Les calculs détaillés seront publiés prochainement dans un autre recueil.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La représentation d'interaction et l'espace de configuration.* Note de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Une formulation relativiste des interactions directes des particules qui résout les difficultés (1) rencontrées par d'autres méthodes, est fournie dans la seconde quantification par la représentation d'interaction. Le trait essentiel de la méthode de la seconde quantification de caractériser l'état d'un système de particules à l'aide des états d'une seule particule ne peut pas être changé par le fait qu'il y a des interactions entre les particules. L'état d'une seule particule est dans la représentation d'interaction une notion relativiste correspondant aux fonctions d'onde dépendant du temps d'une particule libre. En introduisant les interactions d'une façon relativiste, on obtient une description relativiste.

Pour simplifier le langage, nous faisons abstraction dans ce qui suit des modifications dues aux états d'énergie négative des particules libres; des considérations analogues s'appliquent à la théorie du positron. L'équation d'onde d'un système d'électrons en interaction directe est dans la représentation d'interaction

$$(1a)\qquad i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Phi_V = V\Phi_V;\qquad \Phi_V = e^{\frac{i}{\hbar}Wt};\qquad V = e^{\frac{i}{\hbar}Wt}V_0\,e^{-\frac{i}{\hbar}Wt};$$

$$(1b)\qquad V = \int \varphi(x, y, z, t)\,dx\,dy\,dz = \frac{1}{2}\sum (r_1 r_2 \,|\, V \,|\, s_1 s_2)\,a_{r_1} a_{r_2} a^{*}_{s_2} a^{*}_{s_1}.$$

Si l'opérateur V peut être écrit sous la forme (1 b), où $\varphi(x, y, z, t)$ est en fonction des paramètres x, y, z, t une expression de densité invariante relativiste, l'équation d'onde (1 a) a dans chaque système d'inertie la même forme. L'opérateur V formé à l'aide des éléments de matrice de Møller ou d'autres expressions relativistes (2), a cette propriété.

L'état d'un système d'électrons sans interaction correspond dans l'espace de configuration à une combinaison linéaire, avec des coefficients $\varphi^{[r_1 \ldots r_f]}$ constants,

(1) T. S. Chang, *Proc. Cambr. Phil. Soc.*, 43, 1947, p. 183.

(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1283; 228, 1949, p. 1573.

de déterminants de Slater multi-temporels formés avec des fonctions d'onde obéissant à l'équation d'onde d'une particule libre. Les mêmes coefficients $c^{[r_1 \dots r_f]}$ caractérisent l'état Φ_V du système ([3]) dans la représentation d'interaction de la seconde quantification. S'il y a des interactions entre les particules, les coefficients $c^{[r_1 \dots r_f]}$ varient selon l'équation d'onde (1 *a*) et dépendent du paramètre de temps t de cette équation. La fonction d'onde du système dans l'espace de configuration multi-temporel dépend donc également de ce paramètre de temps d'interaction, et l'on a pour la fonction d'onde de f particules

$$(2)\quad \underline{\Phi}(t; x^{1)}, t^{1)}; \dots; x^{f)}, t^{f)}) = \sum_{r_1 < \dots < r_f} c^{[r_1 \dots r_f]}(t)\, \underline{\Phi}_{[r_1 \dots r_f]}(x^{1)}, t^{1)}; \dots; x^{f)}, t^{f)}),$$

$$(2^a)\quad \underline{\Phi}_{[r_1 \dots r_f]}(x^{1)}, t^{1)}; \dots; x^{f)}, t^{f)}) = \frac{1}{\sqrt{f!}} \begin{vmatrix} \psi_{r_1}(x^{1)}, t^{1)}) & \dots & \psi_{r_f}(x^{1)}, t^{1)}) \\ \dots\dots\dots & \dots & \dots\dots\dots \\ \psi_{r_1}(x^{f)}, t^{f)}) & \dots & \psi_{r_f}(x^{f)}, t^{f)}) \end{vmatrix}.$$

En écrivant pour les déterminants de Slater de la théorie uni-temporelle

$$\underline{\Phi}_{[r_1 \dots r_f]}(x^{1)}, 0; \dots; x^{f)}, 0) = \chi_{[r_1 \dots r_f]}(x^{1)}, \dots, x^{f)}),$$

on a pour $t = t^{(1)} = \dots = t^{(f)}$:

$$(3)\quad \begin{cases} \underline{\Phi}(t; x^{1)}, t; \dots; x^{f)}, t) = \displaystyle\sum_{r_1 < \dots < r} c^{[r_1 \dots r_f]}(t)\, \chi_{[r_1 \dots r_f]}(x^{1)}, \dots, x^{f)}), \\ c^{[r_1 \dots r_f]}(t) = c^{[r_1 \dots r_f]}(t)\, e^{-\frac{i}{\hbar} \sum_{k=1}^{f} E_{r_k} t}, \end{cases}$$

où les cœfficients $c^{[r_1 \dots r_f]}$ caractérisent dans la seconde quantification l'état Φ de la représentation de Schrödinger. L'équation d'onde (1 *a*) correspond dans l'espace de configuration multi-temporel à une équation d'onde donnant la dépendance de la fonction d'onde (2) du paramètre de temps t. Le sens de cette équation d'onde peut cependant n'être que symbolique, même abstraction faite de la création et l'annihilation de paires qui relient les fonctions d'onde correspondant aux valeurs différentes de f, puisque en général on ne pourra pas trouver des opérateurs fonctionnels correspondant aux opérateurs V de (1 *b*).

Pour décrire l'interaction des particules dans l'espace de configuration d'une façon relativiste, il faut donc introduire en dehors des variables de temps de chaque particule une variable de temps t, ou plus généralement des variables x, y, z, t, qui jouent le rôle de paramètres et sont liées aux interactions. Les observations correspondent en général à $t = t^{(1)} = \dots = t^{(f)}$, mais pour passer d'un système de référence à un autre il faut pouvoir distinguer

([3]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 722.

entre les variables d'espace-temps des particules et celles de l'interaction. L'interaction est caractérisée par une sorte de champ, même si ce champ est déterminé par les particules mêmes. La théorie prend une forme plus covariante en introduisant au lieu du plan de simultanéité t des surfaces du genre espace de l'espace-temps, et éventuellement un paramètre d'évolution perpendiculaire à une telle hypersurface. On voit alors que $x^{(i)}$, $t^{(i)}$ jouent le même rôle d'opérateur dans l'espace des fonctions d'onde (2a), tandis que le paramètre d'évolution t de (2) est lié aux paramètres x, y, z qui figurent en (1b).

Remarquons cependant qu'il n'est pas très heureux de considérer la forme covariante de l'électrodynamique quantique comme une théorie super-multi-temporelle qui présente une analogie avec la théorie multi-temporelle [4]. On peut introduire les surfaces du genre espace au lieu d'un plan de simultanéité également dans le cas d'une seule particule, et tandis que les différentes variables de temps de la théorie multi-temporelle correspondent à des particules et champs différents, les composantes de temps des points de l'hypersurface représentent des valeurs différentes de la même variable. La même théorie covariante exprimée dans l'espace de configuration mène cependant à une théorie multi-temporelle.

MAGNÉTISME. — *Propriétés ferromagnétiques des ferrites mixtes de cobalt et de zinc et de manganèse et de zinc.* Note de MM. **Charles Guillaud** et **Henri Creveaux**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous donnons en particulier les aimantations à saturation de ces divers ferrites, ainsi que leurs points de Curie et les aimantations spontanées.

Ces recherches prennent leur place dans le cadre d'une étude générale des ferrites simples et mixtes [1], [2], [3].

Les compositions moléculaires de ces ferrites répondent aux formules générales

$$Fe_2O_3,\ x\text{CoO},\ (1-x)\text{ZnO} \quad \text{et} \quad Fe_2O_3,\ x\text{MnO},\ (1-x)\text{ZnO}.$$



Ces compositions sont connues à 0,03 % près et l'excès ou le défaut d'oxygène est inférieur à 0,01 % en poids.

Pour chacune des compositions et aussi bien en ce qui concerne les ferrites de manganèse que de cobalt, nous avons mis au point des méthodes de prépa-

(4) S. Tomonaga, *Progr. Theor. Phys.*, 1, 1946, p. 27; G. Wentzel, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1070.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1331.
(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 60.
(3) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1256.

ration en choisissant convenablement la pression d'agglomération, la température et l'atmosphère de recuit. Nous préciserons ces méthodes dans une étude générale sur la préparation des ferrites.

Propriétés magnétiques. — Dans les tableaux I et II figurent les valeurs des aimantations σ à 285° K, 77°,4 K, 20° K pour un champ intérieur de 18 500 Oe, ainsi que la saturation absolue $\sigma_{\infty,0}$ (moment magnétique d'un gramme à T=0° K, pour un champ infini); nous donnons également les valeurs de la saturation absolue rapportée à un atome et exprimée en magnétons de Bohr (μ_B), ainsi que les points de Curie.

TABLEAU I.

MnO (%).	$\sigma_{18\,500,\,285°\,K}$.	$\sigma_{18\,500,\,77°\,K}$.	$\sigma_{18\,500,\,20°\,K}$.	$\sigma_{\infty,\,0}$.	n (μ_B).	θ_f (°C).
10	11,8	84,5	92,1	115	4,91	–
15	33,2	111,8	130,2	146	6,23	–
20	55,0	129,7	150,1	160	6,78	70
23	63,0	134,6	154,4	163	6,89	108
26	71,6	138,0	156,6	165	6,95	136
29	80,5	140,3	156,6	163	6,87	156
30	79,6	143,0	157,1	163	6,84	164
32	84,2	140,7	150,5	155	6,50	180
36	90,4	138,0	144,6	146	6,10	218
40	91,5	129,75	133,4	134,1	5,58	240
45	89,0	121,7	124,2	124,5	5,15	266
50	80,0	105,8	109,1	110,6	4,56	295

TABLEAU II.

CoO (%).	$\sigma_{18\,500,\,285°\,K}$.	$\sigma_{18\,500,\,77°\,K}$.	$\sigma_{18\,500,\,20°\,K}$.	$\sigma_{\infty,\,0}$.	n (μ_B).	θ_f (°C).
10	18,5	62,0	72,6	95	4,06	25
15	39,3	91,1	95,5	114	4,90	82
20	61,0	119,2	126,0	130	5,78	137
30	87,5	128,5	133,2	143,0	6,03	275
40	93,7	110,0	110,0	115,5	4,87	389
45	90,0	93,9	94,1	102,0	4,29	460
50	83,6	83,0	82,6	87,5	3,67	515

D'après Néel (4), ces moments à saturation doivent s'extrapoler, pour un ferrite de zinc, à 10 μ_B. Il en est bien ainsi (*fig.* 1) et la droite remarquablement bien définie n'est pas tangente à la courbe, mais représente effectivement la variation du moment jusqu'à une teneur de 30 % de l'ion bivalent. La variation totale du moment est de 6,3 μ_B dans le cas du cobalt et de 5,4 μ_B pour le manganèse.

---

(4) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 375.

Nous reviendrons sur cette importante question à la suite de l'étude que nous achevons sur les systèmes



$$Fe_2O_3,\ x\mathrm{MnO},\ (1-x)\mathrm{NiO} \quad \text{et} \quad Fe_2O_3,\ x\mathrm{NiO},\ (1-x)\mathrm{CoO}.$$

Les points de Curie varient linéairement comme le montre la figure 1. En ce qui concerne les ferrites de manganèse, les points de Curie des ferrites

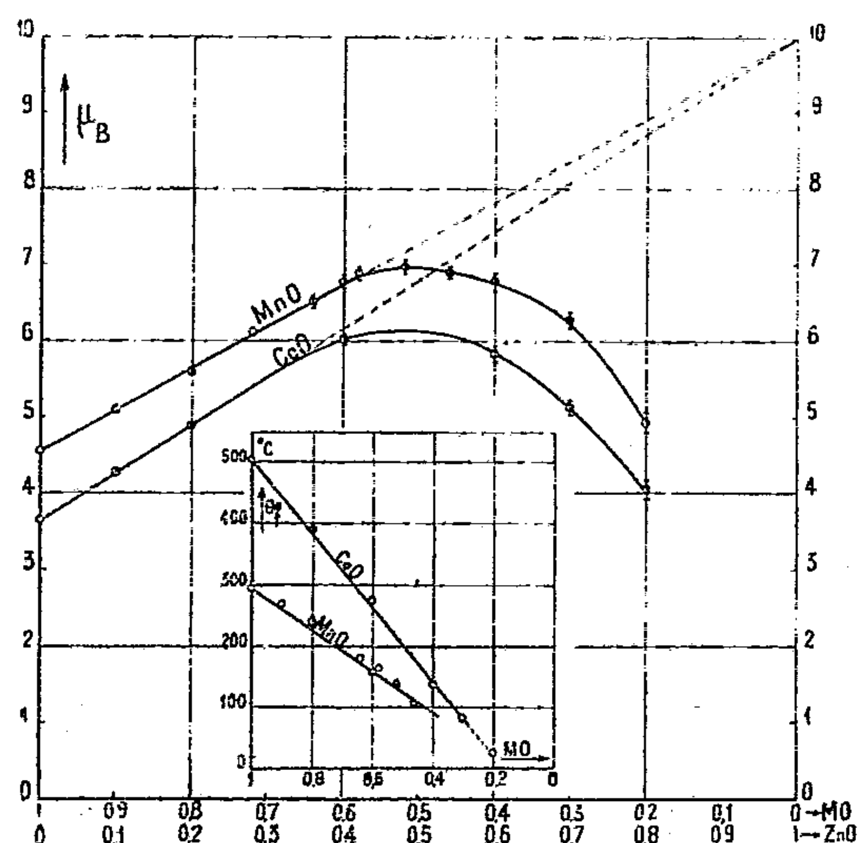


Fig. 1.

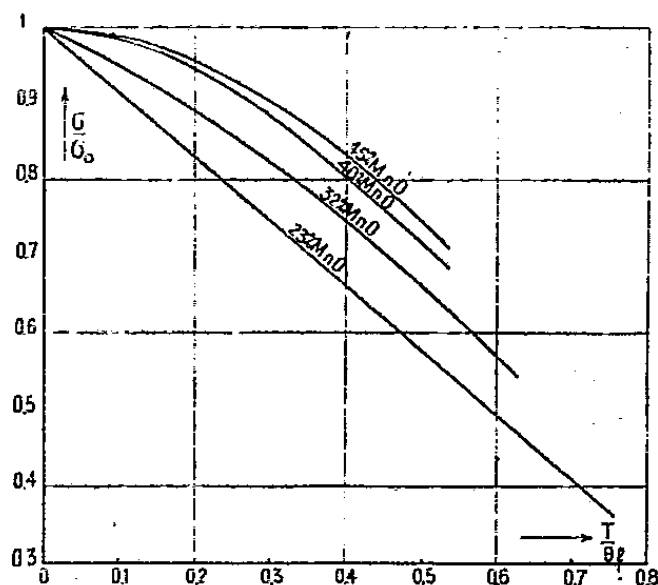


Fig. 2.

contenant moins de 20 % de Mn sont peu précis, à cause d'une région s'étendant sur une trentaine de degrés où il est difficile de définir l'aimantation spontanée.

Nous donnons dans la figure 2 quelques aimantations spontanées des ferrites de manganèse. On observe une variation linéaire pour les teneurs en MnO s'étendant de 20 à 30 %.

MAGNÉTISME. — *Une nouvelle méthode pour le dosage des gaz paramagnétiques.* Note de M. **Karl F. Luft**, présentée par M. Maurice Roy.

On connaît déjà plusieurs méthodes de dosage des gaz paramagnétiques, notamment de l'oxygène, en utilisant les effets produits dans ces gaz par un champ magnétique non uniforme. L'une de ces méthode (1) utilise un effet thermomagnétique mixte; dans l'autre (2), on mesure directement la force exercée sur une balance entourée du gaz à analyser.

---

(1) F. Klauer, E. Turowski et T. V. Wolff, *Zs. f. Techn. Phys.*, 22, 1941, p. 223-228.

(2) W. Pauling, R. E. Wood et H. J. Sturdivant, *J. of Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 795-798.

La mesure directe de la force magnétique a l'avantage de ne pas être influencée par des effets secondaires produits par la conductibilité thermique, la capacité calorifique, etc., du mélange à analyser, mais elle est difficile à réaliser parce que cette force est extrêmement faible.

La méthode présentée ici consiste, en appliquant un champ magnétique modulé, à détecter les variations de pression provoquées dans le gaz à analyser avec un condensateur à membrane sensible et à amplifier et mesurer la tension alternative, produite par le condensateur.

Cette méthode de mesure de faibles pressions est essentiellement la même que dans l'analyseur de gaz (3) basé sur l'absorption infrarouge.

Pour mesurer la pression à l'extérieur du champ, il est nécessaire de produire une différence de susceptibilité dans le gaz, soit en utilisant un gaz de comparaison, soit en soumettant le gaz à un chauffage localisé. Pour doubler la sensibilité et pour rendre le système entièrement symétrique, nous utilisons deux tubes de mesure, chauffés partiellement et qui communiquent avec les deux chambres du condensateur, séparées par la membrane flexible. Les tubes se trouvent entre les pièces polaires coniques d'un aimant permanent. L'une de ces pièces, qui est asymétrique, tourne avec une vitesse de rotation de 25 Hz. Ainsi, le champ agissant sur les tubes est modulé, sans que la réluctance du circuit magnétique soit changée.

La différence de pression agissant sur la membrane se calcule d'après la formule

$$\Delta p = x_0 (H^2_{max} - H^2_{min}) \left\{ \left(\frac{T_0}{T_1}\right)^2 - \left(\frac{T_0}{T_2}\right)^2 \right\},$$

où les symboles désignent :

x_0, susceptibilité de volume à la température T_0;

H_{max}, H_{min}, intensité du champ, dans les positions respectivement maximum et minimum;

T_1, température dans la partie froide du tube de mesure;

$T_2 = T_{max}/C$ (T_2, température efficace de la partie chaude; T_{2max}, température maximum).

Le coefficient C dépend de la répartition du champ et de la température et est, comme on peut le montrer dans notre cas, égal à 1,05.

Les autres valeurs pour notre première réalisation sont :

$$\begin{aligned} H_{max} &= 5\,500 \text{ œrsted}, \\ H_{min} &= 2\,600 \quad \text{»} \\ T_0 &= 293^\circ K, \\ T_1 &= 313^\circ K, \\ T_{2max} &= 423^\circ K. \end{aligned}$$

Il en résulte pour l'air ($x_0 = 0{,}029 \cdot 10^{-6}$), $\Delta p = 0{,}26$ barye.

(3) K. F. LUFT, *Zs. f. Techn. Phys.*, 24, 1943, p. 97-104.

La valeur mesurée $\Delta p = 0,15$ barye est en accord satisfaisant avec le résultat théorique, si l'on tient compte de toutes les erreurs possibles et des pertes de la transmission de pression.

Le bruit de fond de l'appareil est de l'ordre de $3 . 10^{-4}$ barye. Il s'ensuit qu'on peut détecter une concentration d'oxygène de 0,04 %.

Dans l'appareil définitif, on utilisera un matériel magnétique plus puissant. En doublant le champ, la concentration décelable est réduite à 0,01 % O_2. Cette sensibilité suffira pour la plupart des cas pratiques.

Les avantages essentiels de la méthode sont les suivants : mesure exacte de la susceptibilité sans interférence d'autres qualités du mélange, sensibilité, facilité de mesurer la différence de la teneur d'oxygène de deux gaz, et vitesse de réponse. En utilisant des tubes capillaires pour l'alimentation des tubes de mesure avec le gaz à analyser, on peut réduire le volume mort à quelques dixièmes de centimètre cube, et obtenir facilement un temps de réponse de l'ordre d'une seconde. Cette vitesse de réponse permettra de suivre des variations relativement rapides de la concentration d'oxygène, comme par exemple dans l'air expiré, problème important pour la recherche sur le métabolisme basal.

PHOTOMÉTRIE. — *Combinaison optique simple de transmission spectrale ajustable à volonté pour la photométrie hétérochrome et la colorimétrie.* Note (*) de M. **Jean Terrien**, présentée par M. Albert Pérard.

Un filtre interférentiel en coin, dont la bande de transmission s'échelonne le long du spectre visible, transmet un spectre dans lequel on peut modifier arbitrairement la répartition de l'énergie par un masque. On peut ainsi par exemple obtenir d'un récepteur photométrique placé à la suite une réponse conforme à la courbe de visibilité internationale ou proportionnelle aux coordonnées trichromatiques.

Le problème de la photométrie hétérochrome sera pratiquement résolu lorsqu'on saura constituer un photomètre simple, de prix abordable, dont la réponse soit conforme à la courbe de visibilité internationale. Un tel photomètre se compose d'un récepteur, cellule photoélectrique ou pile thermoélectrique, dont la sensibilité spectrale est modifiée par un dispositif absorbant qui a été réalisé jusqu'ici par deux méthodes. Dans la première on superpose des verres colorés ou des cuves à liquide choisis de façon que l'ensemble présente une courbe de transmission spectrale voisine de la courbe désirée; cette solution ne peut être rigoureuse, le choix des filtres absorbants étant limité. Dans la seconde, un spectrographe disperse la lumière en un spectre, et un masque de profil convenable ne transmet que la proportion désirée à chaque longueur d'onde; la lumière de composition ainsi modifiée est ensuite recombinée sur le récepteur. Cette deuxième solution, parfaite en principe,

(*) Séance du 12 avril 1950.

puisqu'on est entièrement maître de la transmission spectrale de l'ensemble, a l'inconvénient d'être coûteuse, la production d'un spectre suffisamment pur et dispersé exigeant une optique et une mécanique encombrantes et précises.

La solution que je propose allie la simplicité des filtres colorés à la perfection de principe et à la souplesse du masque spectral. On sait que les filtres interférentiels, véritables étalons de Fabry-Perot, transmettent une bande spectrale dont la longueur d'onde dépend de l'épaisseur de la couche qui sépare les deux miroirs. Le laboratoire de C. Dufour (Compagnie des Compteurs) a déjà réalisé des filtres dont l'épaisseur varie d'un bord à l'autre et dont la bande spectrale transmise est variable. Un tel filtre fournit donc, par simple transmission, un spectre où l'on peut placer un masque de profil déterminé. Il semble possible d'obtenir de ces filtres une pureté spectrale et une luminosité analogues à celles d'un monochromateur à prismes, avec une dispersion facilement accrue. On obtient donc tous les avantages de la seconde méthode, simplement avec un ou plusieurs filtres interférentiels, d'épaisseur variable, convenablement diaphragmés, placés dans un faisceau parallèle entre deux objectifs. Les qualités de ce dispositif ne pourront que s'améliorer avec les progrès des filtres interférentiels; selon C. Dufour, on trouverait des avantages pratiques à remplacer la variation continue de la bande passante par une variation échelonnée.

Nous n'avons parlé que de la photométrie hétérochrome, mais les mêmes méthodes permettent d'obtenir du récepteur toute réponse définie par une fonction de la longueur d'onde : coordonnées trichromatiques d'une lumière colorée, ou d'une surface colorée éclairée par une lumière blanche étalon A, B ou C, même si cette surface est éclairée pendant la mesure par une autre lumière pourvu que le profil du masque en tienne compte, répartition de la lumière d'une source dans des bandes spectrales sélectionnées, valeurs photométriques pour la vision nocturne, activité photosynthétique pour la culture en lumière artificielle, etc.

Sans décrire l'appareil qui va être construit selon les indications qui précèdent, signalons-en seulement une particularité qui met également à profit une propriété des filtres interférentiels : l'emploi en parallèle de deux cellules sensibles principalement l'une au bleu l'autre au rouge, la lumière étant divisée sans perte appréciable par un filtre interférentiel à 45° qui réfléchit sur l'une ce qu'il ne transmet pas sur l'autre. La sensibilité spectrale d'une telle combinaison peut être ajustée dans de larges limites par le choix du filtre séparateur, ce qui à la fois facilite le façonnage du profil spectral et réduit les pertes de lumière qu'il impose.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la théorie des spectromètres à rayons β utilisant un champ magnétique axial uniforme.* Note (*) de M. **Pierre Hubert**, présentée par M. Frédéric Joliot.

A la suite des articles de Du Mond ([1]) et Persico ([2]) concernant la théorie des spectromètres à champ magnétique axial uniforme, il me semble intéressant de faire ressortir les faits suivants :

1° Dans le cas d'une source ponctuelle il est théoriquement possible d'obtenir, à luminosité égale, le même pouvoir séparateur que celui calculé par Du Mond avec trois diaphragmes convenablement disposés au lieu de quatre comme l'indique cet auteur;

2° Avec quelques diaphragmes supplémentaires, il est possible d'obtenir une courbe de réponse (nombre d'électrons reçus dans le récepteur en fonction de l'intensité du champ lorsque la source émet une raie d'électrons monocinétiques) très voisine d'une courbe limite possédant une largeur totale moitié, et une largeur à mi-hauteur égale aux 3/4 de la valeur calculée dans le cas précédent;

3° Cette disposition des diaphragmes peut également s'appliquer au cas d'une source étendue. Elle semble plus avantageuse que la disposition habituelle, bien qu'il ne soit pas possible alors de déterminer simplement le gain obtenu.

4° Une disposition similaire pourrait être utilisée dans un spectromètre à champ magnétique axial non uniforme (lentille magnétique mince ou épaisse) à condition de savoir déterminer les trajectoires avec suffisamment de précision.

La figure 1 *a* représente le dispositif habituel dans les conditions d'ouverture optimum. La courbe de réponse est alors représentée en 1 *b*.

La figure 2 *a* représente le dispositif préconisé. On remarquera la présence d'un seul diaphragme intérieur D_1.

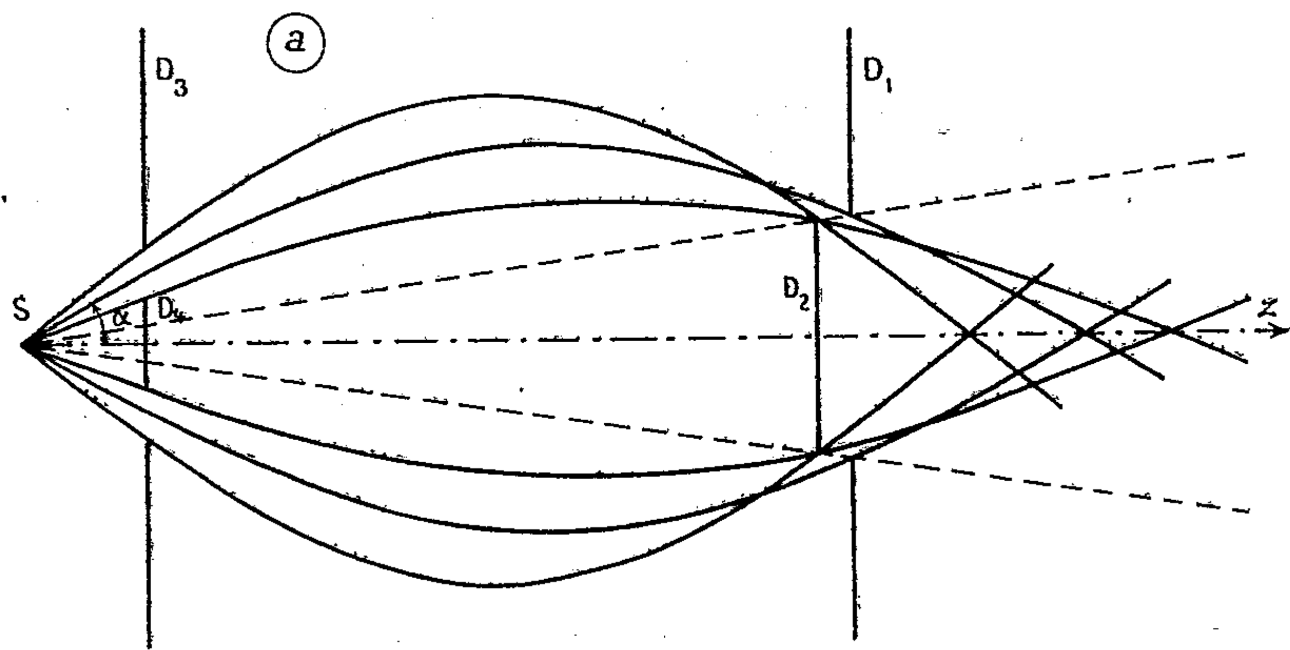
L'emploi de D_1, D_2 et D_3 fournit la même courbe de réponse qu'en 1 *b*. L'adjonction de D_4 permet d'obtenir 2 *b* très voisine de la courbe limite 2 *c*, qui est obtenue théoriquement avec une infinité de diaphragmes remplissant la zone hachurée et dont les bords définissent la surface de révolution, lieu des anneaux de focalisation ([3]) lorsque α varie, les autres facteurs demeurant constants.

(*) Séance du 26 septembre 1949.

([1]) *Rev. of Scient. Instr.*, 3, 1949, p. 160.

([2]) *Rev. of Scient. Instr.*, 3, 1949, p. 191.

([3]) Witcher, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 38.



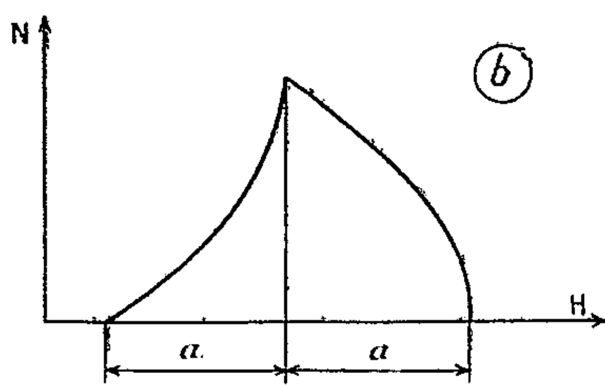
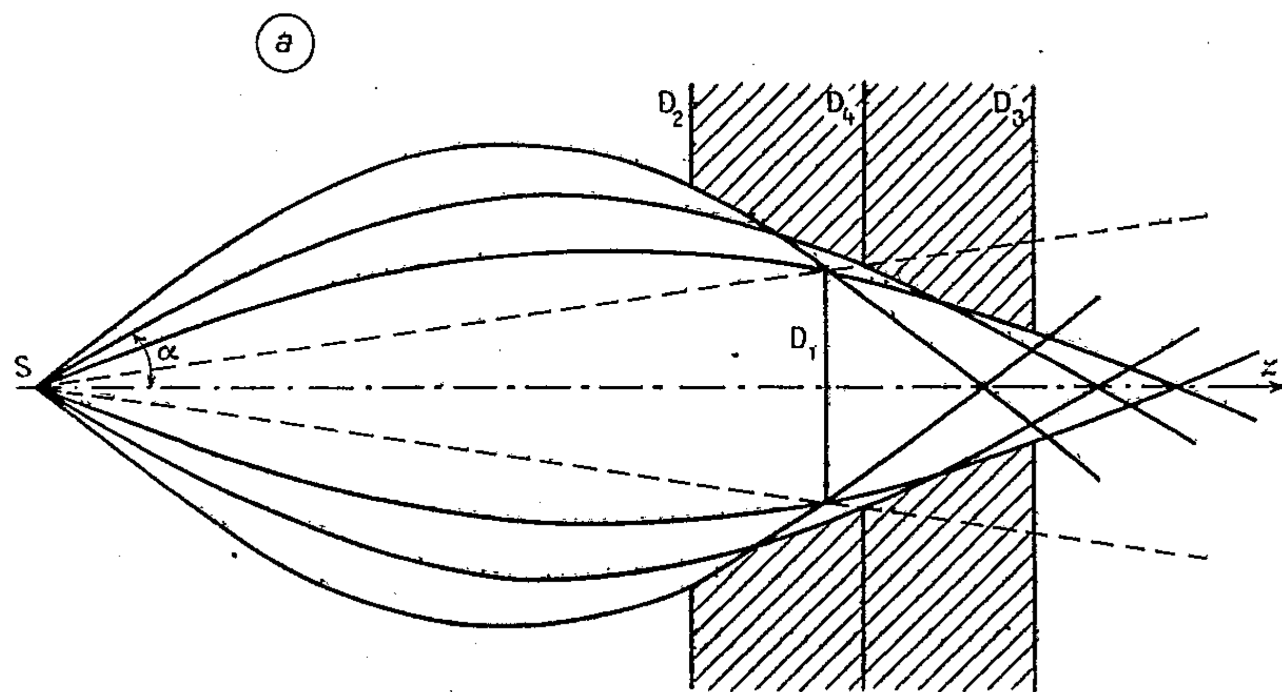
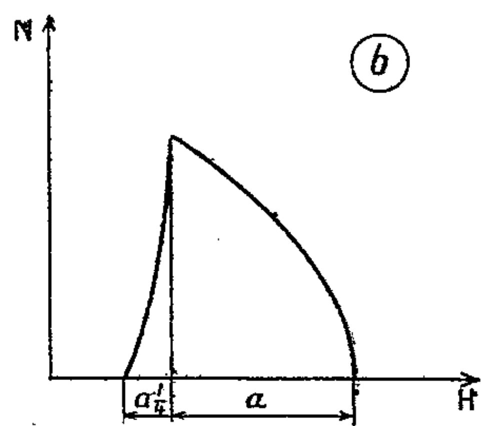


Fig. 1.





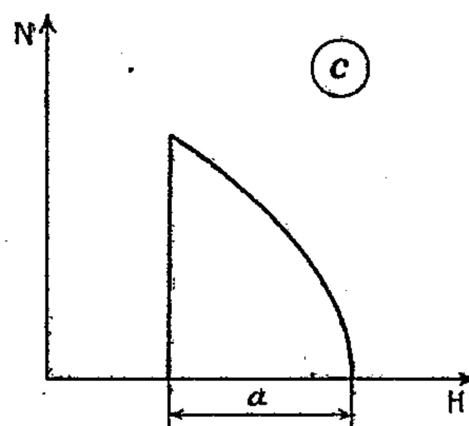


Fig. 2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Solubilité de la gélatine dans l'eau froide.* Note de M. **Jacques Pouradier**, présentée par M. Paul Pascal.

Au contact de l'eau froide, même en dessous de la température de dispersion, la gélatine gonflée se dissout lentement (1) (2). Plusieurs auteurs ont essayé de déterminer la nature de la gélatine ainsi dissoute : Liepatov (3) (4) en a mesuré la masse moléculaire et Goddard (5) a recherché le mécanisme de la dissolution. D'après ces travaux, le passage de la gélatine de l'état insoluble dans l'eau froide à l'état soluble correspondrait à une scission des liaisons latérales entre les chaînes polypeptidiques constituant le squelette de la molécule et, après extraction par évaporation de l'eau, la gélatine dissoute, à la différence de la gélatine initiale, serait entièrement soluble à froid. Au contact de l'eau froide, il y aurait transformation de la gélatine qui perdrait ses propriétés d'association.

La difficulté de cette étude provient de la faible solubilité de la gélatine à froid (environ 1 g/l) et de l'impossibilité de l'extraire de solutions si diluées, car on ne peut la précipiter et, durant l'évaporation de l'eau, elle subit une dégradation importante; la substance sèche a des propriétés différentes de celles de la gélatine en solution.

Une étude de la nature de la gélatine dissoute à froid doit donc être effectuée sur les solutions mêmes. Afin de déterminer si la dissolution de la gélatine dans l'eau froide est accompagnée d'une modification de structure, nous comparerons les propriétés des solutions obtenues à froid avec celles de solutions de la même gélatine à la même concentration, mais obtenues par dispersion normale. Pour que cette comparaison soit valable, il est nécessaire d'opérer sur des gélatines fractionnées aussi homogènes que possible, afin d'éliminer l'influence de la variation de la solubilité avec la masse moléculaire.

Nos mesures ont porté sur deux gélatines fractionnées, la Z 720 extraite d'une gélatine de peau, et la T 120 extraite d'une gélatine d'os. En faisant varier la température et la durée de contact entre la gélatine et l'eau, nous avons obtenu des solutions de concentrations différentes.

La gélatine gonflée fut lavée une première fois avec une grande quantité d'eau pour éliminer les impuretés et les sels minéraux retenus. Sur chacune des solutions obtenues, nous avons mesuré la viscosité spécifique $(\eta - \eta_0)/\eta_0$ à 35° afin d'opérer sur des solutions moléculairement dispersées (6) après les avoir ajustées au pH isoéléctrique de la gélatine. Nous avons également, pour certaines solutions, mesuré la masse moléculaire d'après la pression osmotique.

Soit $\eta 1_{SP}$ la viscosité spécifique de la gélatine dissoute à froid et $\eta 2_{SP}$ celle de la gélatine initiale à la même concentration, le rapport $k = (\eta 1_{SP}/\eta 2_{SP})$ est

(1) Knaggs, Manning et Schryver, *Biochem. J.*, 17, 1923, p. 473.
(2) E. W. I. Mardles, *Koll. Zeits.*, 57, 1931, p. 183.
(3) S. M. Liepatoff et J. Putilowa, *Koll. Zeits.*, 69, 1934, p. 73.
(4) S. M. Liepatoff et I. N. Putilowa, *Koll. Zeits.*, 71, 1935, p. 83.
(5) *Jl. Soc. Chem. Ind.*, 41, 1942, p. 176.
(6) J. Pouradier, et A. M. Venet, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 11.

susceptible de renseigner sur les modifications de la molécule lors de la dissolution. Il en est de même du rapport K des masses moléculaires M_1 et M_2 de la gélatine dissoute à froid et de la gélatine initiale.

	Z 720 { M_2 = 46000. η intrinsèque = 0,215.			T 120 { M_2 = 84000. η intrinsèque = 0,355.		
c (%)	0,017	0,031	0,119	0,025	0,059	0,131
$\eta_{\text{sp}}.10^3$	3,08	7,35	28,4	9,96	20,3	43,7
M_1	40000	–	42000	72000	–	80000
k	0,85	1,09	1,08	1,11	0,95	0,91
K	0,87	–	0,91	0,86	–	0,96

Les erreurs expérimentales sont importantes en raison des faibles concentrations. Cependant, d'après ces mesures, les caractéristiques des fractions dissoutes et des gélatines initiales sont du même ordre de grandeur, ce qui semble prouver que les dimensions et la structure moléculaires ne varient pas lors de la dissolution à froid.

Par conséquent, contrairement aux hypothèses des auteurs précédents, la dissolution à froid ne proviendrait pas d'une modification de la molécule de gélatine.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Diagramme d'équilibre de la transformation ordre ⇌ désordre dans les ferronickels voisins de* Ni_3Fe. Note de M. **Émile Josso**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Application de la méthode dilatométrique différentielle à la détermination de la température critique T_c de la transformation ordre ⇌ désordre dans les ferronickels purs voisins de Ni_3Fe. Diagramme d'équilibre de cette transformation entre 68 et 80 % de nickel.

L'établissement de l'état ordonné dans le ferronickel Ni_3Fe s'accompagne, ainsi que je l'ai montré ([1]), d'une importante condensation, alors que la destruction de l'ordre se manifeste par une expansion. Au moyen d'un dilatomètre différentiel de haute sensibilité, j'ai entrepris, au laboratoire d'Imphy, l'étude du phénomène dans une série d'alliages encadrant Ni_3Fe et, par la méthode décrite plus loin, déterminé la température critique T_c de leur transformation ordre ⇌ désordre.

L'étude a porté sur sept alliages très purs, préparés par frittage, à teneurs en nickel régulièrement étagées entre 68 et 80 % Ni ($C < 0,01$ %; Mn et Si traces); en deçà et au delà de ces limites, l'aptitude à la mise en ordre est considérablement plus faible, et la singularité dilatométrique associée au phénomène devient d'une amplitude insuffisante pour être étudiée avec précision.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 594.

Les éprouvettes, obtenues à l'état désordonné par hypertrempe à 1000° dans l'huile, sont soumises à un revenu de 100 heures à différentes températures θ_r, maintenues constantes à ± 1° près. Puis, leur état structural est contrôlé par un essai au dilatomètre poussé jusqu'à 750°. Si θ_r est inférieur à Tc, le revenu crée un état ordonné; la destruction de cet état au cours de l'essai dilatométrique consécutif se manifeste par une expansion, dont l'amplitude $\Delta l/l$ caractérise le degré d'ordre créé par le revenu. Si θ_r est supérieur à Tc, le revenu n'agit pas sur l'état désordonné et la courbe dilatométrique n'accuse aucune expansion.

La figure 1 résume, pour les compositions étudiées, la variation de l'ampli-

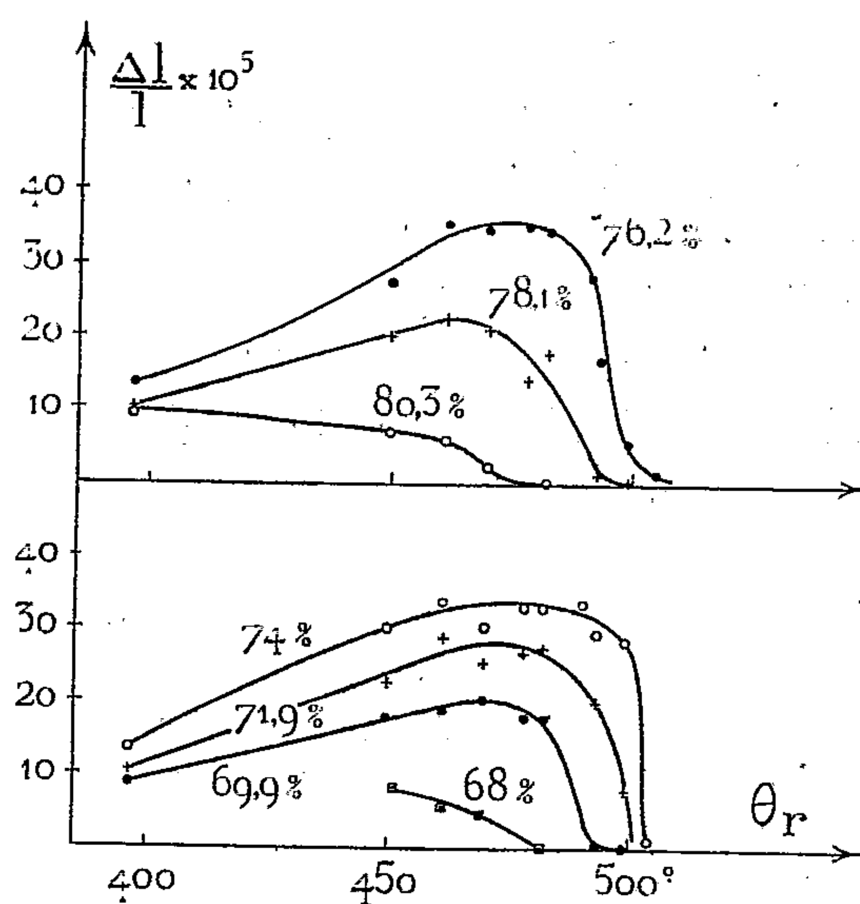


Fig. 1.

tude $\Delta l/l$, en fonction de la température θ_r du revenu isotherme. Les courbes relatives aux alliages à 69,9, 71,9, 74,0, 76,2 et 78,1 % Ni ont une évidente parenté d'allure. A 400°, température où la diffusion est lente, le degré d'ordre établi au bout de 100 heures est faible; il croît avec la température θ_r, atteint un maximum, puis s'abaisse pour tomber brusquement quand l'alliage avoisine Ni_3Fe. Il suffit alors de faire varier de quelques degrés la température pour passer d'un état hautement ordonné à l'état pratiquement désordonné : en pareil cas la température critique est définie avec une précision estimée à ± 2°. Cette quasi-discontinuité dans les états structuraux est conforme aux prévisions des théories de l'ordre à longue distance ([2]) et de l'ordre à courte distance ([3]). Lorsque la composition s'éloigne de Ni_3Fe (*voir* les courbes des alliages à 68,0 et 80,3 % Ni) le passage de l'ordre au désordre devient plus

([2]) W. L. Bragg et E. J. Williams, *Proc. Roy. Soc.*, A 145, 1934, p. 699.
([3]) R. Peierls, *Proc. Roy. Soc.*, A 154, 1936, p. 207.

progressif; mais on peut encore définir, avec une incertitude de l'ordre de $\pm 5°$, la température Tc au-dessous de laquelle le métal commence à s'ordonner par revenu consécutif à l'hypertrempe.

La figure 2, qui reproduit la variation de la température critique Tc en

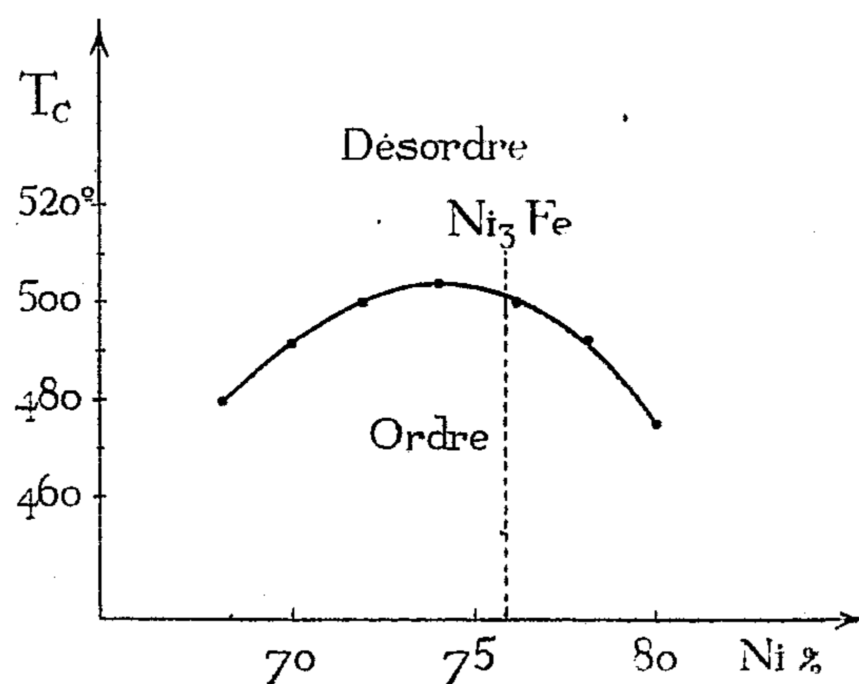


Fig. 2.

fonction de la teneur en Ni, établit le diagramme d'équilibre de la transformation ordre $\rightleftharpoons$ désordre entre 68 et 80 % Ni : Tc passe par un maximum égal à $503° \pm 2°$.

Fait remarquable, malgré la haute pureté des alliages et les précautions prises pour en assurer l'homogénéité, l'abscisse de ce maximum n'est pas à l'aplomb de Ni_3Fe (75,9 % Ni), mais voisine de 74 % Ni.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un monohydrate de carbone* H.CO.H. Note (*) de M. **Henry Gault**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

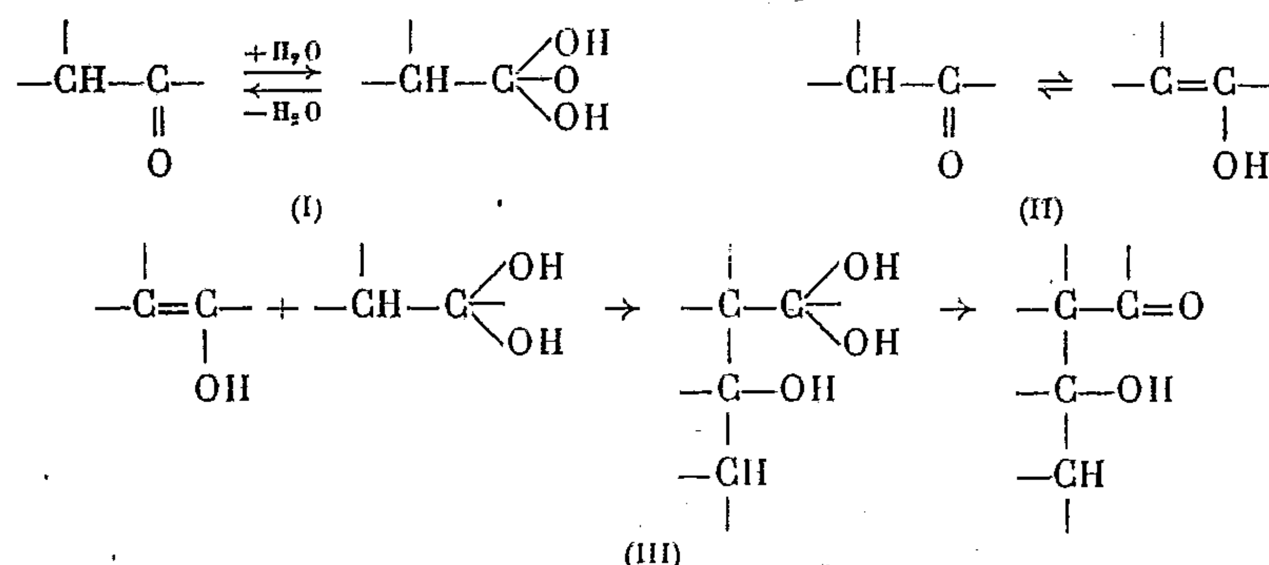
Une récente communication de E. Riesz ([1]) sur le processus de l'assimilation chlorophylienne dans lequel il fait intervenir une forme H.CO.H de l'aldéhyde formique, déjà soupçonnée par M. A. Kusin ([2]), m'amène à exposer, avant que j'aie pu la vérifier expérimentalement, l'hypothèse analogue que m'ont suggérée mes recherches sur les réactions de β-hydroxycarbonylation. J'ai expliqué le mécanisme de ces réactions, c'est-à-dire de la condensation aldolique ou cétolique de deux composés carbonylés en solution aqueuse, par l'union de la forme hydrate (I) de l'un des composés et de la forme énolique

(*) Séance du 12 avril 1950.

([1]) *Ier Congrès international de Biochimie*, août 1949.

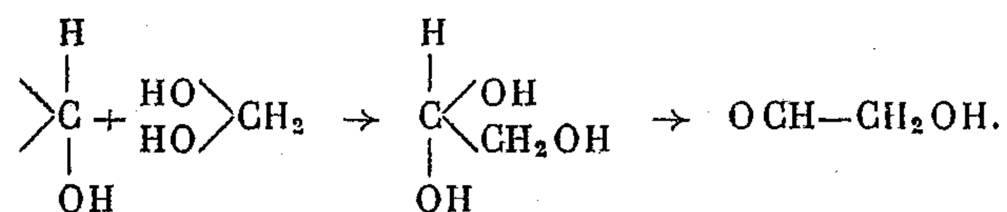
([2]) *Journal Russe de Chimie générale*, 5, (67), 1935, p. 1373; 7, (69), 1937, p. 2954; 8, (70), 1938, p. 759.

(II) de l'autre composé qui, toutes les fois où elles se trouvent en présence, tendent à se combiner suivant une réaction de condensation (III) unique ou, en tout cas, prépondérante ([3]) :



Il m'a paru possible de transposer cette hypothèse au cas des réactions d'α-hydroxycarbonylation dont l'exemple le plus frappant est relatif à la dimérisation du formaldéhyde en aldéhyde glycolique en solution aqueuse, sous l'action des agents alcalins les plus faibles. Le formaldéhyde existant presque exclusivement sous la forme d'hydrate $CH_2{<}^{OH}_{OH}$, on peut trouver une explication de la formation de l'aldéhyde glycolique en admettant que cette forme hydrate entre en réaction avec un composé antagoniste susceptible de la fixer suivant un mécanisme analogue à celui de la β-hydroxycarbonylation. Je pense que ce composé antagoniste ne peut être précisément que la forme $>C{<}^{H}_{OH}$, et je cherche à en prouver l'existence par des déterminations spectrophotométriques rentrant dans le cadre de l'étude générale que j'ai entreprise, en 1948, avec M. C. Bloch, sur la structure hydratée, d'une part d'aldéhydes acycliques à chaîne longue, et d'autre part, d'aldéhydes aromatiques.

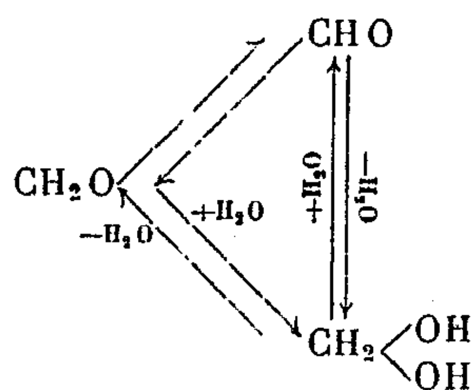
La dimérisation du formaldéhyde résulterait ainsi de la condensation de cette forme H.CO.H, monohydrate de carbone, avec la forme hydrate de formaldéhyde $CH_2{<}^{OH}_{OH}$.



On peut penser qu'en solution aqueuse, le formaldéhyde serait ainsi un mélange de trois formes en équilibre : deux formes hydratées H.CO.H et

([3]) H. Gault, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 396.

$CH_2(OH)_2$ et une forme anhydre CH_2O



Si le formaldéhyde constitue le premier terme de la fixation de l'eau sur le carbone libéré par l'assimilation chlorophylienne, il est raisonnable de penser que cette fixation s'effectue au premier stade avec production du monohydrate de carbone H.CO.H.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'une valine marquée*



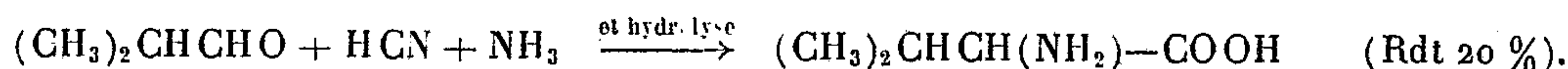
$(CH_3)_2-\overset{*}{C}H-CH(NH_2)-COOH$.

Note (*) de M. **Jésus Anatol**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Il est inutile de souligner l'intérêt que représente l'obtention d'amino-acides marqués, étant donné le rôle prépondérant qu'ils jouent dans la chimie des protéines, constituants de la nature vivante. C'est pourquoi, à la demande de M. Bugnard, M. et Mme Tréfouël, M. Macheboeuf, nous nous sommes attaché à préparer une valine dans laquelle le groupement isopropylique renferme un carbone marqué. L'isotope nous a été fourni sous la forme de $\overset{*}{C}NK(C_{13})$. Nous avons donc choisi une méthode de préparation de la valine telle que la matière première possède déjà l'isotope dans la position voulue.

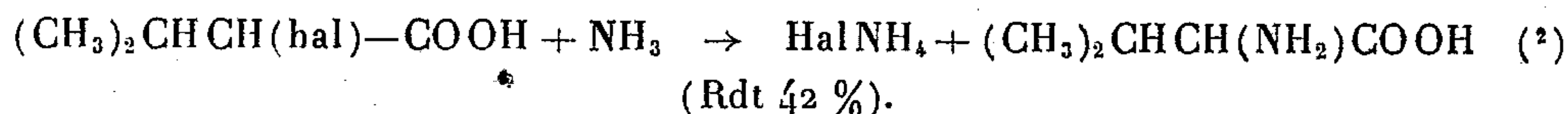
Trois méthodes de préparation de la valine sont courantes :

a. Méthode de Strecker (¹) :



$$(CH_3)_2CHCHO + HCN + NH_3 \xrightarrow{\text{et hydrolyse}} (CH_3)_2CHCH(NH_2)-COOH \quad (\text{Rdt } 20\,\%).$$

b. Méthode générale de préparation des acides aminés :



$$(CH_3)_2CHCH(hal)-COOH + NH_3 \rightarrow HalNH_4 + (CH_3)_2CHCH(NH_2)COOH \quad (^2)$$
$$(\text{Rdt } 42\,\%).$$

c. Méthode de Sörensen récemment modifiée (³) qui part d'un halogénure

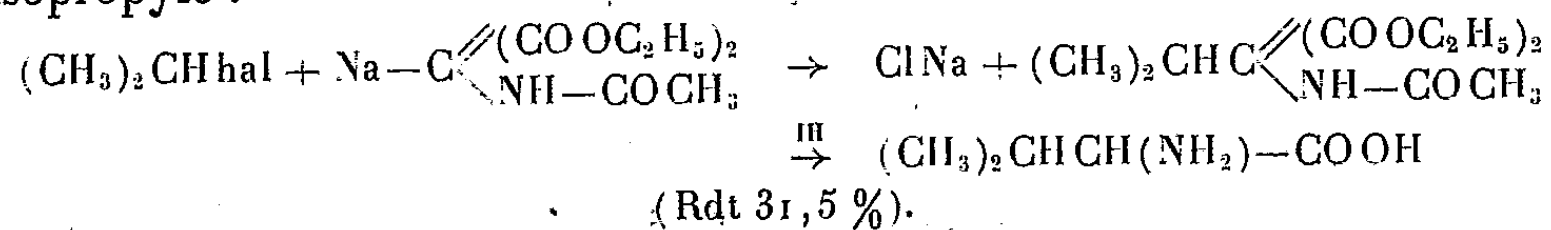
(*) Séance du 3 avril 1950.

(¹) *Lipp. Ann.*, 205, 1880, p. 18.

(²) *Org. Synth.*, 20, 1940, p. 106.

(³) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 1040.

d'isopropyle :



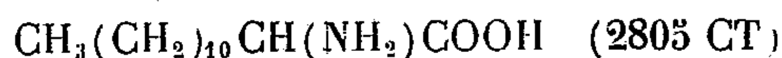
Aucune de ces méthodes, appliquées à nos essais de préparation de la valine sans carbone marqué, ne nous a donné d'aussi bons rendements que celle que nous avons finalement adoptée :

1° Préparation de l'aldéhyde isobutylique (4) $(CH_3)_2CHCHO$.

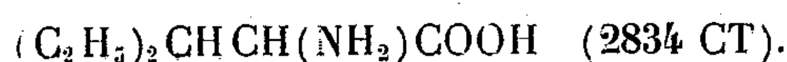
1° Préparation de l'isopropyl-5-hydantoïne $(CH_3)_2CHCH\langle{}^{CO-NH}_{NH-CO}$ (5), (6).

3° Hydrolyse de cette dernière en $(CH_3)_2CH-CH(NH_2)-COOH$. Ces deux dernières opérations se font avec un rendement de 65-70 %, calculé à partir de l'aldéhyde (7).

Cette méthode, très simple, est absolument générale. Nous l'avons étendue, en particulier, aux aldéhydes laurique et diéthylacétique pour obtenir les deux acides aminés suivants, jusqu'ici non décrits :



et

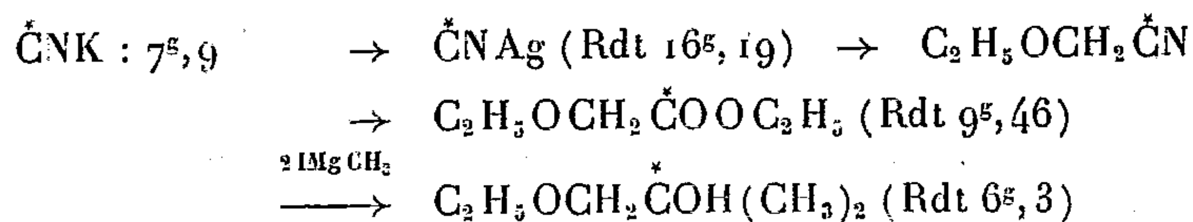


Dans une prochaine Note nous en donnerons la préparation détaillée et les propriétés physiologiques.

La valine, avec C_{14}, pourrait être préparée d'une manière identique.

Les mesures de concentration d'isotope ont été effectuées par M. et Mme Coursaget avec le spectromètre de masse de l'Institut National d'Hygiène.

Partie expérimentale :



soit par rapport à $\check{C}NK = 44$ %.

Nous avons envisagé de marquer également les groupes méthyle. Notre travail a été limité par le prix de $I\check{C}H_3$. Nous signalons qu'en faisant agir ce

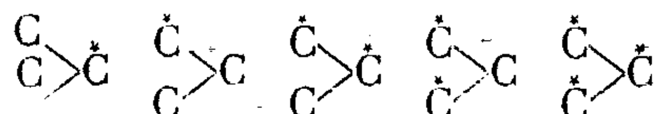
(4) SOMMELET, *Ann. Chim.*, 8e série, 9, 1906, p. 500.

(5) H. BERGS, *Chem. Zentr.*, 1, 1933, p. 1018.

(6) BUCHERER, *J. Prakt. Chem.*, 141, 1934, p. 43.

(7) Au moment de corriger les épreuves nous prenons connaissance (*Chem. Abstr.*, 44, 1950, p. 2017) d'un brevet de la Maison Merck pour la préparation de la *dl*-valine d'après la méthode que nous avons nous-même mise au point.

dernier d'une façon progressive on pourrait obtenir les cinq isomères



qui pourraient être utilisés dans l'étude des transméthylations

L'action de l'acide oxalique anhydre sur l'éther du glycol précédent donne l'aldéhyde isobutylique qui, sans être isolé, est traité par $CNK + CO_3(NH_4)_2$ et fournit l'hydantoïne avec un rendement de 3g,66, soit 48 % pour les deux dernières opérations et, par rapport à $\overset{*}{C}NK = 21,3$ %. L'hydrolyse, par la baryte, donne 2g,29 de valine, soit un rendement, par rapport à $\overset{*}{C}NK$, de 16,2 %.

Dosage de $\overset{*}{C}_{13}$. Pourcentage en $\overset{*}{C}_{13}$ en excès : 9,36, soit, pour l'atome de $\overset{*}{C}$ un pourcentage de $\overset{*}{C}_{13}$ en excès : $9,36 \times 5 = 46,8$. $\overset{*}{C}NK$ au départ : 46,5. P. M. 117,468; N % : calculé 11,92; trouvé 11,83.

Au cours de notre prochaine opération nous doserons le $\overset{*}{C}_{13}$ dans tous les produits intermédiaires. Ces résultats seront publiés dans une prochaine Note.

Dans les eaux-mères de l'hydantoïne et de la valine nous pensons récupérer un peu d'aminoacide en passant par le sel de cuivre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les alcools γ-acétyléniques : nouvelle synthèse du pentyne-4 ol-1*. Note (*) de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On ne connaît actuellement qu'un seul alcool γ-acétylénique, le *pentyne-4 ol-1*, préparé en 1932 par R. Lespieau (1), mais malheureusement par une méthode qui ne se prête guère à l'obtention de quantités un peu importantes de produit.

Lorsqu'il eut été établi qu'on pouvait obtenir dans d'excellentes conditions les alcools γ-éthyléniques par action du sodium sur les halogénures de tétrahydrofurfuryle pour le premier terme (2), (3), et sur les halogéno-3 tétrahydropyrannes pour les homologues (4), (5), nous avons essayé de préparer le pentyne-4 ol-1 en appliquant la même réaction au bromo-3 dihydropyranne (I)

(*) Séance du 12 avril 1950.

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 287.

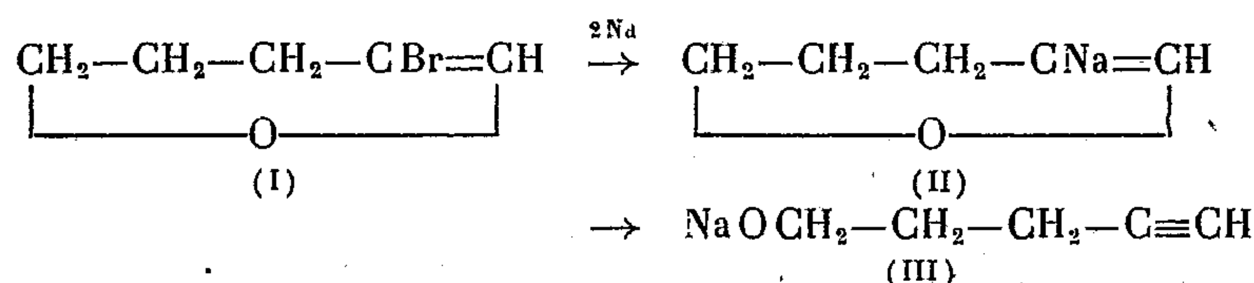
(2) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 2, p. 745.

(3) R. Paul et H. Normant, *Bull. Soc. Chim.*, 10, 1943, p. 484.

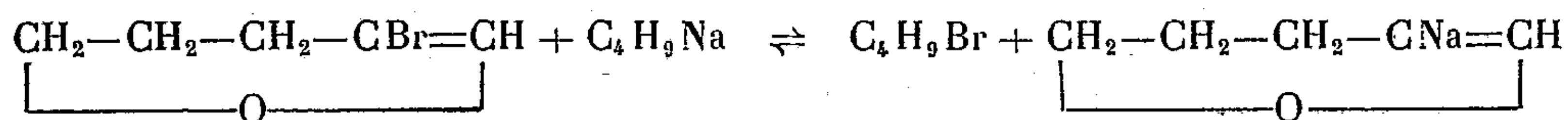
(4) R. Paul et O. Riobé, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 474.

(5) O. Riobé, *Ann. de Chimie*, 4, 1949, p. 594.

composé facilement accessible ([6])



Or, ni le magnésium, ni le sodium, ni le potassium n'agissent sensiblement, au sein de l'éther bouillant. Avec le potassium, et en prenant l'huile de paraffine comme solvant, il se déclenche bien une réaction vers 100°, mais si brutale et si difficile à modérer, qu'il ne se forme pratiquement que des résines. Devant cet échec, nous avons essayé d'obtenir le composé intermédiaire (II) par échange fonctionnel entre (I) et le butyl-lithium, ou le butyl-sodium



Effectivement, lorsqu'on introduit une solution éthérée de bromo-3 dihydropyranne (0,2 M) dans un excès de butyl-lithium (0,5 M), il se produit une réaction, provoquant l'ébullition de l'éther. Après décomposition par l'eau, on isole un peu d'octane, du bromure de butyle (montrant ainsi la réalité de l'échange), un mélange de bromo-3 dihydropyranne avec un alcool acétylénique vrai, et enfin une fraction passant entre 100 et 110° sous 20^{mm}.

L'alcool acétylénique est séparé du bromo-3 dihydropyranne par agitation du mélange avec une solution de chlorure cuivreux ammoniacal : le dérivé cuivreux, jaune, qui précipite, répond à la formule C_5H_7OCu (C 40,9; H 5,0; Cu 42,7 % trouvé). Traité par une solution concentrée de cyanure de potassium, ce composé donne un liquide bouillant à 154-155°, que sa composition (C 71,75; H 9,9 % trouvé) et ses constantes (d_4^{19} 0,909; n_D^{19} 1,4432) identifient avec le *pentyne-4 ol-1*. Le rendement est de 42 %.

La phényluréthane de cet alcool (C 71,4; H 6,68; N 7,0 % trouvé) fond à 56°; nous avons vérifié à cette occasion que la phényluréthane d'un échantillon de pentyne-4 ol-1, préparé par la méthode de R. Lespieau, fondait également à 56° (et non à 46°).

De la fraction 100-110° sous 20^{mm}, on extrait un alcool acétylénique, bouillant à 106° sous 20^{mm}, que nous n'avons pu identifier de façon certaine, mais que nous pensons être un nonyne-ol en raison de sa composition (C 77,05; H 11,6 % trouvé). Sa phényluréthane fond à 63° (C 74,3; H 8,15; N 5,35 % trouvé) et son α-naphtyluréthane fond à 50° (C 77,4; H 7,25; N 4,85 % trouvé).

Les résultats sont encore bien meilleurs si, dans la réaction précédente, on

---

([6]) R. PAUL, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 1, 1934, p. 1397.

emploie au lieu du butyl-lithium, le butylsodium. Sur du sodium (1 at.) finement pulvérisé et recouvert d'éther de pétrole, on verse à -20°, 1^{cm^3} de butanol, puis 0,5 M de chlorure de butyle. Le sodium noircit en s'attaquant superficiellement. Sans attendre qu'il ait entièrement réagi, on laisse réchauffer vers 0° et l'on ajoute, en agitant énergiquement, une solution de bromo-3 dihydropyrane (0,25 M) dans l'éther de pétrole. La réaction se déclenche aussitôt et au bout de 2 heures, le métal a complètement disparu en faisant place à une masse pâteuse, blanc-crème, que l'on décompose par l'eau. Du liquide qui se sépare, on isole alors par simple distillation, le pentyne-4 ol-1 avec un rendement de 80 %.

Un échantillon de $8^g,4$ de ce pentyne-4 ol-1, hydrogéné en présence de nickel Raney ($T = 20^\circ$; $P = 100$ at.) a fixé 4510^{cm^3} d'hydrogène (théorie 4480^{cm^3}). L'alcool résultant distille entièrement de 138° à 139°, et sa naphtyl-α-uréthane fond bien à 68°, comme celle de l'alcool amylique normal.

GÉOLOGIE. — *Le Purbeckien dans le chaînon jurassien Montagne des Princes-Gros Foug-Mont Clergeon-Chambotte-Corsuet (Savoie, Haute-Savoie).* Note (*) de M. **Pierre Donze**, transmise par M. Maurice Gignoux.

Au-dessus du Portlandien (s. st.) marin, on reconnaît partout un Purbeckien de type jurassien. C'est un complexe de formations lacustres, saumâtres et marines, d'épaisseur fort variable d'un point à un autre. Ces variations de faciès laisseraient penser qu'au Jurassique supérieur ce chaînon anticlinal était déjà individualisé à l'état embryonnaire.

Dans le cadre d'une étude sur les formations limites Jurassique-Crétacé dans le Jura méridional, une série de coupes banc par banc aux différents points de l'anticlinal Montagne des Princes-Gros Foug-Mont Clergeon-Chambotte-Corsuet, compris entre la dépression Chautagne-Lac du Bourget à l'Ouest, et le synclinal de Rumilly à l'Est, m'a fourni de précieux renseignements sur l'ampleur et les modalités de l'émersion purbeckienne dans cette région.

D'une extrémité à l'autre de la chaîne, le Jurassique se termine par des alternances plusieurs fois répétées de formations lacustres, saumâtres et marines. Ici, comme dans tout le Jura, le Purbeckien est un complexe; son épaisseur doit se mesurer entre la première émersion qui termine le Portlandien, et la dernière qui amorce le Valanginien.

Si l'on compare entre elles ces coupes, l'on devrait s'attendre, au moins pour des points rapprochés, à une relative uniformité de faciès. Point du tout : ici, l'épaisseur est considérable; les émersions nombreuses, mais brèves, sont séparées par des épisodes marins francs et prolongés; là, au contraire,

(*) Séance du 12 avril 1950.

les épisodes marins sont rares et brefs; le faciès lacustre est très développé. Tout se passe comme si certains points se trouvaient proches du niveau marin, et par conséquent facilement submergés, alors que les autres n'étaient que rarement envahis par la mer. Or ceux-ci se trouvent précisément au sommet de l'anticlinal et ceux-là sur ses flancs.

Voici deux exemples typiques :

Dans la Cluse du Fier, à 309^m, sur le flanc Ouest du Gros-Foug, l'exploitation d'une carrière montre actuellement une admirable coupe du Purbeckien. On peut y déceler six émersions et par conséquent six récurrences marines successives. Le faciès lacustre y comporte des marnes et calcaires fins avec Characées (*Gyrogonites* et tiges de *Clavator Reidi* Groves, *Clavator Grovesi* Harris) et petits Gastropodes; le faciès marin, des calcaires compacts, oolithiques, pseudoolithiques ou microbréchiques, avec Foraminifères (Miliolés, Textulaires, Rotalidés), Algues (Clypéines) et des calcaires dolomitiques. L'épaisseur totale (50^m) est l'une des plus fortes connues jusqu'ici dans le Jura. Mais en réalité, si l'on fait la somme des sédiments purement lacustres et saumâtres, le total est faible relativement à l'épaisseur globale des sédiments marins. Le rapport *épaisseur totale des sédiments lacustres* sur *épaisseur totale des sédiments marins* se situe aux environs de 32 %. Il faut noter que l'emploi d'un tel rapport me paraît plus décisif que la considération des épaisseurs absolues, car il évite l'objection de l'étirement local possible des couches : s'il y a eu étirement, les bancs marins ont été affectés comme les bancs lacustres, et le rapport doit, en principe, rester constant.

Par contre, au sommet de l'anticlinal du Gros-Foug (920^m), à quelques kilomètres de la Cluse du Fier, l'épaisseur totale du Purbeckien n'est que d'environ 18^m. Mais les émersions sont de longue durée; le faciès lacustre est très développé, avec bancs à plantes et formations charbonneuses. Le rapport précédent est ici de 90 %. D'ailleurs la présence d'un haut-fond marin au Portlandien est déjà mise en évidence par la présence d'un conglomérat rouge de calcaires portlandiens remaniés, conglomérat dont on ne trouve nulle trace à la base des flancs de l'anticlinal.

Bref, ces faits me portent à penser que la chaîne était, dès le Jurassique supérieur, dans un état embryonnaire, sans doute simple ride sous-marine, temporairement émergée. Il convient sans doute d'être prudent; ces observations demandent à être étendues aux autres chaînons jurassiens. Mais des faits analogues ont été récemment signalés par A. Carozzi dans le Jura suisse [1] et une telle coïncidence me paraît difficilement l'effet d'un concours fortuit de circonstances.

---

(1) *Étude stratigraphique et micrographique du Purbeckien dans le Jura suisse. Thèse*, Genève, 1948.

PÉDOLOGIE. — *Paléosols et sols récents de la Brie.*
Note de M. **P. J. J. Franc de Ferrière**, présentée par M. Albert Demolon.

L'examen des sols traduit les variations survenues dans les conditions climatiques.

C'est au sein des sables accumulés par les vents marins, sous la forme d'un système dunaire parallèle au rivage de la mer stampienne sur le fond desséché de l'ancien lac de Brie, que l'on observe les premières formations pédologiques de la Brie. Sous l'influence d'un climat subdésertique très chaud s'est constituée alors, dans le sable perméable du flanc des dunes, une croûte siliceuse illuviale en plaques ou rognons gréseux; on retrouve parfois cette croûte surmontée d'un horizon éluvial de sable quartzeux blanc et, en surface, du sable dunaire jaunâtre non lessivé, roche mère de ce sol subdésertique. Un tel sol en place bien conservé et comportant encore ces trois horizons pédologiques sur grès de Fontainebleau, existe dans la partie basse de la carrière du Tillet, à Luzancy. Les grès illuviaux, d'âge chattien, passent latéralement dans les anciennes dépressions interdunaires, à la surface de roches moins perméables, aux meulières de Beauce.

La forte érosion mio-pliocène provoquée par la surrection de la Brie orientale contemporaine du grand soulèvement alpin, balaye le calcaire de Beauce et accumule au bas de la plate-forme structurale érodée de la Brie les graviers des plateaux qui portent aujourd'hui la Forêt de Sénart et les bois de Sainte-Assise. Puis le Quaternaire inférieur voit se déposer, à la surface de la croûte siliceuse décapée, un premier limon, peut-être déjà d'origine éolienne et glaciaire. Celui-ci apparaît aujourd'hui sous l'aspect d'un limon fin de couleur rouille, zébré verticalement de traces onduleuses d'un blanc verdâtre, auxquelles il doit le nom de *limon panaché*. Ce limon se trouve presque partout surmonté ou mélangé de concrétions ferrugineuses noires, arrondies, dures, formant, au Tillet et à Férolles-Attily en particulier, un véritable horizon d'accumulation ferrique désigné localement sous le nom de *tuf noir*. Il passe latéralement sur meulière (Ferrière-en-Brie) et sur grès (Guignes-Rabutin) à une croûte ferrugineuse continue. Gleyfication et concrétions ferriques sont les souvenirs d'un climat chaud, à saisons alternantes pluvieuses et sèches, datant, semble-t-il, de la période interglaciaire Mindel-Riss. Ce limon inférieur porte les forêts mouilleuses de bordure des plateaux briards (Armainvilliers, Valence, La Traconne).

La glaciation rissienne est marquée par de très fortes solifluctions qui entraînent sur les pentes des vallées récemment creusées les blocs de meulière et de grès démantelés par le gel et empaquetés de limon panaché, ainsi que par le dépôt du *lœss ancien*, que l'on observe le plus souvent sous l'aspect de *limon doux à points noirs* (Courpalay).

A l'Interglaciaire Riss-Würm, sous un climat à nouveau assez chaud et humide, se produit l'altération superficielle du lœss ancien en *limon fendillé* rougeâtre, partiellement remanié par les eaux sous forme colluvialeou par solifluction ultérieure.

La glaciation würmienne voit, sous un climat steppique sec et froid, le dépôt éolien des lœss récents ou *ergerons*, partiellement calcaires, de couleur jaune, interrompus par des lits de cailloutis de solifluction qui descendent se mêler superficiellement aux graviers anciens de Basse-Terrasse.

Au Post-Glaciaire, sous l'influence d'un climat tempéré humide et sous végétation forestière, l'ergeron est presque entièrement décalcifié, donnant naissance à la *terre à brique supérieure*, que l'on observe sous deux faciès, l'un éluvial et l'autre colluvial. Celle-ci constitue aujourd'hui, sur les plateaux, sous la forme de sols bruns plus ou moins lessivés, les meilleures terres à blé et à betteraves de la Brie française (Lieusaint). Les limons fendillés anciens, deux fois lessivés à l'Interglaciaire Riss-Würm d'abord, au Post-Glaciaire ensuite, sont couverts de sols battants de type podzolique nécessitant en culture un drainage plus serré que les limons supérieurs (Mortcerf).

Les anciennes dunes stampiennes portant encore, sous forme de blocs de grès épars, les restes de leur croûte siliceuse tertiaire démantelée par les solifluctions quaternaires, sont généralement couvertes de boqueteaux forestiers secs qui dominent le paysage briard (Sivry-Courtry). Leurs sables, souvent teintés en surface par mélange de limon panaché, viennent, par entraînement colluvial, alléger superficiellement les limons des plateaux d'alentour. Enfin, l'érosion récente des pentes et des têtes des vallées, creusant les calcaires bartoniens et sannoisiens, élargit constamment les boutonnières de sols jeunes rendziniformes dont les colluvions de bas de pente rejoignent les alluvions modernes plus ou moins calcaires des vallées.

GÉODÉSIE. — *Nouvelles déterminations de l'intensité de la pesanteur en Algérie, au Maroc et au Sahara.* Note (*) de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Les résultats présentés, avec les notations usuelles, dans le tableau ci-contre, ont été obtenus au moyen du pendule Holweck-Lejay de l'Observatoire d'Alger au cours de plusieurs campagnes effectuées en 1948 et 1949 : leur objet était surtout le perfectionnement de l'étalonnage instrumental et du réseau des bases gravimétriques de l'Afrique du Nord. Cependant des stations nouvelles, celles de notre tableau, ont été occupées. En ce qui concerne l'Algérie, les dernières lacunes du réseau général ont été comblées.

(*) Séance du 27 mars 1950.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 18.

Stations.	Longitude Greenwich.	Latitude.	Altitude.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma''_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	m	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
Djanet	9 29 Est	24 33	1100	978,662	979,002	978,878	978,939	+ 63	— 61
Ghat	10 10,5	24 58	750	978,772	979,004	978,919	978,967	+ 37	— 48
Fort-Flatters	6 50	28 08	320	979,071	979,170	979,134	979,195	— 25	— 61
Oued Kheir	0 22,7	35 57,1	239	799	873	846	827	+ 46	+ 19
Bouguirat	0 15,3	35 45,2	78	805	829	821	810	19	+ 11
Mendez	0 52,0	35 39,0	476	697	844	790	801	43	— 11
Ammi Moussa	1 07,0	35 52,0	181	776	832	811	819	13	— 8
Oued Tarhia	0 38,2	36 00,4	51	819	835	829	831	4	— 2
Paul-Robert	0 55,4	36 14,9	550	775	945	883	852	93	+ 31
Fromentin	1 08,2	36 19,4	510	786	943	886	859	84	+ 27
Hanoteau	1 26,0	36 21,0	447	811	949	898	861	88	+ 37
Masséna	1 16,5	36 01,6	152	805	852	835	833	19	+ 2
Lamartine	1 33,3	36 06,8	223	800	869	844	841	28	+ 3
Tacheta	1 36,2	36 21,9	866	714	981	883	862	119	+ 21
La Platrière	1 49,7	36 20,6	510	783	940	882	860	80	+ 22
Pont-du-Caïd	2 12,4	36 07,3	375	760	876	833	841	35	— 8
Cap Sigli	4 45,6	36 53,8	31	975	984	981	908	76	+ 73
Oued Marsa	5 14,7	36 38,1	58	909	958	940	885	73	+ 55
El Mahad	5 53,2	36 34,9	620	756	948	878	881	67	— 3
El Arrouch	6 50,4	36 39,3	139	874	917	902	887	30	+ 15
Condé-Smendou	6 42,7	36 32,0	542	760	927	866	877	50	— 11
Pierre-Curie	5 54	35 36	912	591	872	769	797	75	— 28
Zemmorah	4 51,0	36 16,2	950	636	929	822	854	75	— 32
Bordj Boni	4 33,4	36 15,6	1157	590	947	817	853	94	— 36
Oran III	0 39,2 Ouest	35 42,8	2	868	872	872	806	66	+ 66
Taforalt	2 24,4	34 48,7	775	563	805	718	730	75	— 12
Casablanca	7 36,6	33 34,3	14	665	669	668	626	43	+ 42
Marrakech II	8 00,8	31 38,1	457	331	472	421	468	4	— 47
Mogador	9 46,4	31 30,9	5	501	502	502	458	44	+ 44
Agadir	9 37,9	30 25,8	25	359	367	364	372	— 5	— 8
Taroudant	8 52,7	30 28,5	250	299	376	347	375	+ 1	— 28
Aoulouz	8 07,9	30 43,2	795	180	426	336	394	32	— 58
Taliouine	7 54,6	30 31,3	930	116	403	298	379	24	— 81
Tazenakht	7 12,2	30 35,0	1400	066	498	340	384	114	— 44
Ouarzazate	6 55,3	30 55,4	1120	130	476	349	411	65	— 62
Kalaa des Mgouna	6 08,3	31 14,3	1420	044	483	322	436	47	—114
Tinerirh	5 31,6	31 31,3	1280	107	502	358	458	44	—100
Tinjdad	5 01,8	31 30,9	995	182	489	377	458	31	— 81
Ksar-es-Souk	4 25,1	31 56,2	1020	203	518	403	492	26	— 89
Bou-Anane	3 03,1	32 02,4	845	261	522	426	500	22	— 74
Bou-Arfa	1 57	32 34,5	1190	240	607	473	544	63	— 71
Mengoub	2 14	32 15,6	1020	241	556	441	518	38	— 77
Gourrama	4 05,1	32 20,2	1360	191	611	457	524	87	— 67
Rich	4 30,2	32 15,5	1475	175	630	464	518	112	— 54
Midelt	4 44,4	32 40,9	1480	171	628	461	552	76	— 91
Aguelmane de Sidi-Ali	4 59,8	33 05,1	2075	100	740	507	585	155	— 78
Ifrane	5 07,2	33 31,0	1638	277	782	597	621	161	— 24
Beni-Draar	1 57,8	34 48,8	455	633	773	722	730	43	— 8
Berguent	2 01,5	34 00,8	935	419	708	602	662	46	— 60
Tendrara	2 00,0	33 03,1	1455	223	672	508	583	89	— 75
Safi	9 14,5	32 18,2	56	559	576	570	521	55	+ 49
Mazagan	8 30,4	33 15,1	1	640	640	640	599	41	+ 41
Agdz	6 26,9	30 41,8	952	151	445	337	392	+ 53	— 55
Tanger I	5 48,8	35 46,5	64	742	762	755	811	— 49	— 56
Tanger II	5 48,0	35 47,3	2	979,753	979,753	979,753	979,813	— 60	— 60

La plupart des 31 dernières stations (Oran, et Maroc) ont été occupées par d'autres observateurs (Clariond, Lejay, Marti, Roux) et doivent être considérées comme des bases. L'étalonnage de notre instrument reposait jusqu'à maintenant sur un ensemble de bases nombreuses mais imparfaitement cohérentes.

Reconsidérant cet étalonnage grâce à la sélection, parmi les bases utilisées, de celles qui ont été rattachées au système défini par les mesures de J. Martin (1), j'ai été conduit à retoucher la constante K qui relie les variations de g aux variations de la période d'oscillation T par la formule

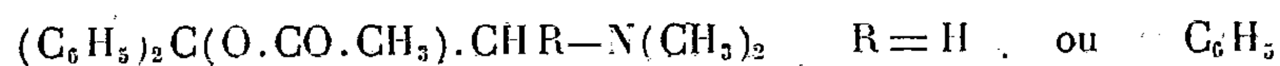
$$\Delta g = K \Delta \left(\frac{1}{T^2} \right).$$

Une campagne nord-africaine effectuée en 1949 par P. Lejay a confirmé cette correction. Cependant une légère incertitude semble subsister pour les faibles valeurs de g : elle atteindrait 3 ou 4^{mgal} vers $g = 979.000$. Il se pourrait que la formule précédente, linéaire en Δg, doive être pourvue d'un petit terme du deuxième ordre; mais ce problème ne peut pas être considéré comme résolu. Pour le moment, j'ai conservé, dans le tableau ci-contre, mon ancien système, où $g = 979.920$ à Bouzaréa, base fondamentale d'Algérie, et $g = 979.570$ à Bev-Rechid, base fondamentale du Maroc, valeurs qui, dans le nouveau système, deviendraient respectivement 979.917 et 979.563, en excellent accord avec les résultats de P. Lejay et de Reignier.

Certaines altitudes sont fort incertaines et devront être révisées, notamment celles des trois stations du Sahara central et celles de plusieurs stations marocaines.

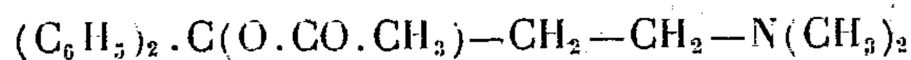
PHARMACOLOGIE. — *Recherches dans la série des analgésiques : esters d'amino-alcools.* Note (*) de MM. **Jean Bertrand** et **Albert Lespagnol**, présentée par M. Marcel Delépine.

Des esters d'amino-alcools répondant aux formules



$$(C_6H_5)_2C(O.CO.CH_3).CHR-N(CH_3)_2 \qquad R = H \quad \text{ou} \quad C_6H_5$$

et



$$(C_6H_5)_2.C(O.CO.CH_3)-CH_2-CH_2-N(CH_3)_2$$

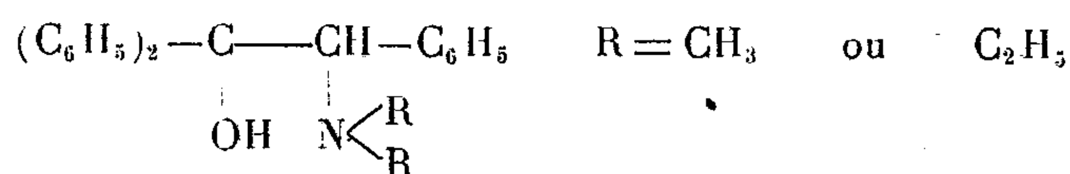
ont été préparés. Le dernier est analgésique.

Dans une Note antérieure (1) nous avons décrit la préparation de quelques amino-alcools présentant certaines analogies structurales avec des analgésiques centraux tels que la diphényl-éthylamine, la β-péthidine, la métadone, en

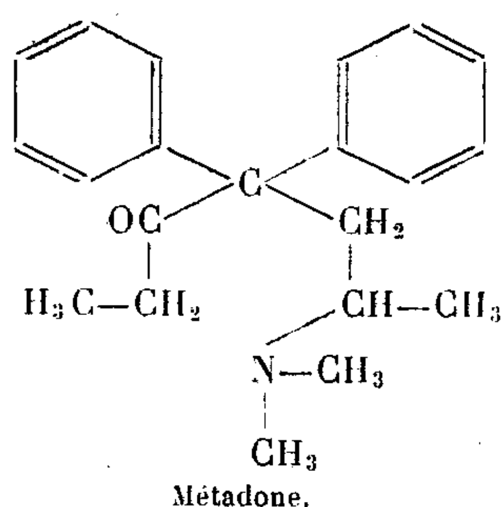
(*) Séance du 3 avril 1950.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 658.

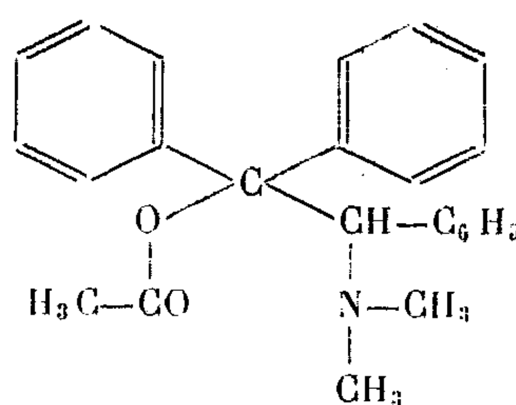
particulier des dérivés du type



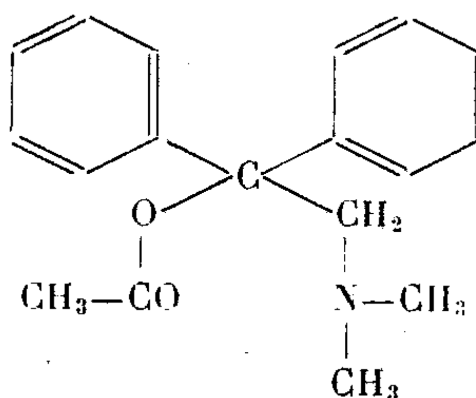
Il nous a paru intéressant d'étudier certains esters apparentés à cette série. Nous avons, dans cet ordre d'idées, préparé l'ester acétique (A). Ce dérivé s'étant montré inactif, nous avons alors pensé supprimer le radical C_6H_5, placé en α, du groupement aminé tertiaire (dérivé B).



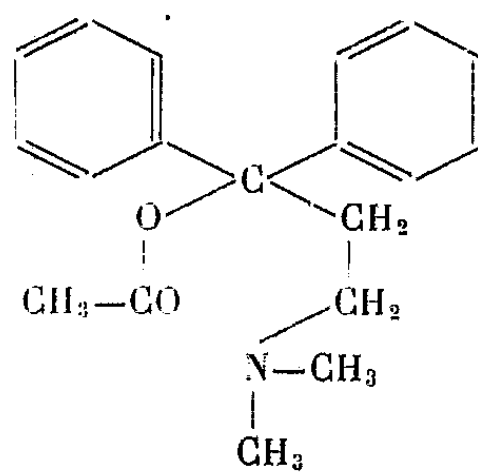
Métadone.



(A)



(B).



(C)

Les travaux réalisés sur la métadone ont montré, en effet, que la nature des substituants en cette position peut avoir une influence considérable sur l'activité analgésique. Enfin, dans le dérivé (C), l'analogie structurale est encore plus évidente puisque la distance entre l'atome d'azote et l'atome de carbone porteur des deux radicaux phényl est la même que dans la métadone.

Les esters en question ont été préparés en faisant réagir le bromure de phényl-magnésium sur les cétones suivantes : diméthylamino-désoxybenzoïne (dérivé A), ω-diméthylaminoacétophénone (dérivé B), ω-diméthylaminopropiophénone (dérivé C). Le complexe magnésien obtenu est alors mis en contact pendant 12 heures, à la température ordinaire, avec de l'anhydride acétique en léger excès. On traite ensuite par l'acide chlorhydrique dilué et glacé, et après séparation de la couche éthérée, on alcalinise la solution aqueuse chlorhydrique par l'ammoniaque en présence de chlorure d'ammonium. La base, extraite par l'éther, est recristallisée de l'éthanol.

Dérivé A. — Ester acétique du diméthylamino-2, phényl-2, diphényl-1.1, éthanol-1 ($C_{24}H_{25}O_2N$), F 123°; chlorhydrate, F 97-100°.

Dérivé B. — Ester acétique du diméthylamino-2, diphényl-1.1, éthanol-1 ($C_{18}H_{21}O_2N$), non cristallisé; chlorhydrate, F 182-183°.

Dérivé C. — Ester acétique du diméthylamino-2, diphényl-1.1, propanol-1 ($C_{19}H_{23}O_2N$), F 106°; chlorhydrate, F 203°.

L'étude pharmacodynamique a montré :

pour le dérivé A : une absence totale de pouvoir analgésique;

pour le dérivé B : une activité faible bien inférieure à celle du dolosal (ester éthylique de l'acide méthyl-1, phényl-4 pipéridine carbonique);

pour le dérivé C : une activité très nette intermédiaire entre celle du dolosal et celle de la morphine.

La séance est levée à 15h35m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 27 mars 1950.)

Note présentée le 20 mars 1950, de M. *Édouard Regenstreif*, Rayons principaux pour une famille de lentilles et de miroirs électroniques :

Page 1263, 3e ligne, *au lieu de* $\frac{\beta z_0}{\zeta}$, *lire* $\frac{\beta z_0}{3}$.

» » sur la figure, en haut et à gauche, *au lieu de* $x =$, *lire* $x = -$

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MARS 1950 (*suite*).

Pontificia Academia scientiarum. Commentationes; Anno II. Vol. II, nº 2 : *Saggio di una teoria generale dell' equilibrio elasto-plastico;* Nº 8 : *Incrudimento ed isteresi elastica nel quadro della nuova teoria dell' equilibrio elasto-plastico;* Nº 12 : *La statica dei corpi elasto-plastici;* Anno III. Vol. III, nº 1 : *Su la resistenza alla flessione in regime elasto-plastico;* Nº 9 : *Risoluzione grafica generale del problema della flessione in regime elasto-plastico;* Anno VII. Vol. VII, nº 11 : *Camillo Guidi;* Anno VIII. Vol. VIII, nº 7 : *Teoria e calcolo delle travi con armature preventivamente tese*, par GUSTAVO COLONNETTI. Roma ; 7 fasc. 24cm,5.

Id. *Acta.* Anno III. Vol. III, nº 4 : *Saggio su la resistenza dei materiali in regime plastico* (*il problema del gancio*) ; Nº 8 : *Contributo alla teoria delle travi inflesse in stato di coazione;* Anno IV. Vol. IV, nº 2 : *Teoria e calcolo delle travi con armature preventivamente tese ;* Nº 8 : *Di un nuovo procedimento per la messa in tensione delle armature nelle strutture in cemento armato ;* Nº 9 : *Stati di coazione da armature incrociate ;* Nº 17 : *Teoria e calcolo delle travi con armature preventivamente tese* (*Il problema della sezione parzializzata*) ; Nº 19 : *Elasticità e resistenza di travi con armature preventivamente tese ;* Nº 21 : *Teoria e calcolo delle travi con armature preventivamente tese* (*Il proporzionamento dell' armatura*) ; Anno V, Vol. V, nº 18 : *Al di là dei limiti della teoria classica dell' elasticità;* Anno VI. Vol. VI, nº 7 : *Su di un caso caratteristico di rinforzo di una Volta sottile;* Nº 8 : *La statica delle cupole cerchiate ;* Nº 21 : *Sul problema della flessione composta in regime elasto plastico ;* Nº 23 : *Serbatoi sferici a suspensione funicolare;* Nº 24 : *Deformazioni plastiche e deformazioni viscose;* Nº 31 : *Il problema dei margini di sicurezza nelle strutture iperstatiche in stato di coazione;* Nº 36 : *Teoria e calcolo delle travi con armature preventivamente tese* (*Il problema dei margini di sicurezza*), par GUSTAVO COLONNETTI. Roma ; 16 fasc. 24cm,5.

Catalogue des types de poissons du Muséum national d'histoire naturelle. Première partie : *Cyclostomes et Sélaciens;* Deuxième partie : *Dipneustes, Chondrostéens, Holestéens, Isospondyles;* Troisième partie : *Ostariophysaires* (*Characiniformes, Gymnotiformes*), par LÉON BERTIN. Extraits du *Bulletin du Muséum*, 2e série. T. XI, nº 1, 1939 et T. XII, nº 6, 1940.

Hommage à René Maire, par ROGER HEIM. Extrait des *Comptes rendus mensuels des séances de l'Académie des sciences coloniales*, du 6 janvier 1950. Paris, Académie des sciences coloniales ; 1 fasc. 25cm.

Hommage à Émile Boudier, par ROGER HEIM. Extrait du *Supplément* à la Revue mycologique. T. XIV, nº 2, 1949. Paris, Laboratoire de cryptogamie du Muséum ; 1 fasc. 24cm.

Étude anatomique du mouvement du cœur et du sang chez les animaux, par GUILLAUME HARVEY. *Aperçu historique* et *traduction française*, par CHARLES LAUBRY. Paris, G. Doin et Ce, 1950 ; 1 vol. 21cm.

Symposium of Papers on the quantum Theory of X-Ray reflection, and *The Raman reflections of X-Rays in crystal*, by Sir CHANDRASEKHARA VENKATA RAMAN. Bangalore, Proceedings of the Indian Academy of sciences, 1941 ; 1 vol. 25cm.

Symposium of Papers on the structure and Properties of Diamond, by CHANDRASEKHARA VENKATA RAMAN. Bangalore Proceedings of the Indian Academy of sciences, 1944; 1 vol. 25cm.

Sphagnologische studien in Tiveden, von ELIAS MELIN, in *Arkiv för Botanik*, Band 13, n° 9. Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktryckeri AB, 1913; 1 fasc. 20cm,5.

Svensk Botanisk Tidskrift, Bd 9, 1915: *Die Sporogenese von Sphagnum squarrosum* Pers. *Nebst einigen Bemerkungen über das Antheridium von Sphagnum acutifolium;* Bd. 10, 1916: *Über das Archegonium von Sphagnum squarrasum* Pers; Bd. 13, 1919: *Sphagnum Angermanicum* n. sp.; Bd 15, 1921: *Über die Mykorrhizenpilze von Pinus silvestris L. und Picea Abies (L.) Karst;* Bd 16, 1922: *Untersuchungen über die Larix-Mykorrhiza. I. Synthese der Mykorrhiza in Reinkultur;* Bd. 16, 1922: *Erwiderung auf Peklos Berichtigung;* Bd 17, 1923: *Experimentelle untersuchungen über die Birken- und Espenmykorrhizen und ihre Pilzsymbionten;* Bd 18, 1924: *Die Phosphatiden als Ökologischen Faktor in Boden;* Bd 19, 1925: *Untersuchungen über die Larix-Mykorrhiza II, zur weiteren kenntnis des Pilzsymbionten;* Bd 26, 1932: *Eine methode zur beseitigung von Bakterien bei kulturversuchen und Pilzen* von ELIAS MELIN; Bd 35, 1941: *Morchella conica pers., ein aneurin-autotropher Pilz*, von ELIAS MELIN und GUNHILD MIDEN; Bd 36, 1942: *Über dein Einfluss der Pyrimidin-und der thiazol komponente des aneurins auf das wachstum von Wurzelpilzen*, von ELIAS MELIN und BIRGITTA NORKRANS. Uppsala, Almqvist & Wiksells Boktryckeri AB; 12 fasc. 24cm.

Studier över de Norrländska myrmarkernas vegetation med särskild Hänsyn Till deras Skogsvegetation efter torrläggning, av ELIAS MELIN. Uppsala, Almqvist & Wiksells Boktryckeri AB, 1917; 1 vol. 27cm.

Kalorimetrische Untersuchungen über Humus und Hunifizierung, von ELIAS MELIN und SVEN ODÉN. Berlin, Wien, 1920; 1 fasc. 24cm.

Extraits de *Berichten der Deutschen Botanischen gesellschaft*, 1922, Band XL, heft 1: *Ultramikroskopiche mikroben im Walboden;* Heft 3: *Boletus-Arten als Mykorrhizen-pilze der Waldbäume*, von ELIAS MELIN. Berlin, Gebrüder Borntræger, 1922; 2 fasc. 24cm,5.

Botaniska Notiser, 1924: *Zur Kenntnis der mikorrhizapilze von Pinus montana Mill,* et *Über den Einfluss der Wasserstaffionenkonzentration auf die viralenz der Wurzel-pilze von Kiefer und Fichte*, von ELIAS MELIN; 2 fasc. 22cm.

Id. 1939. — *Über den Einfluss von Aneurin und Biotin auf das Wachstum einiger Mykorrhizenpilze*, von ELIAS MELIN und GÖSTA LINDEBERG; 1 fasc. 24cm.

Sonderabdruck aus Mykologische Untersuchungen und Berichte: Experimentelle Untersuchungen über die konstitution und Ökologie der Mykorrhizen von Pinus silvestris L. und Picea Abies (L.) Karst, von ELIAS MELIN. Cassel, Akdiengesellschaft für Druck und verlag vorm. Gebr. Gotthelft, 1923; 1 vol. 26cm,5.

(*à suivre.*)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 AVRIL 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion de la Fête du Travail, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 3 mai au lieu du lundi 1er.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Observations du champ électrique de l'atmosphère à Monaco.* Note de M. **Jules Rouch**.

Les observations du champ électrique de l'atmosphère faites pendant une année à Monaco à l'altitude de 70^m donnent un champ relativement élevé de 366 V/m. présentant une variation annuelle assez nette avec maximum en hiver et minimum en été.

Pendant l'année 1949 j'ai effectué 269 mesures du champ électrique de l'atmosphère aux environs de midi (G. M. T.), sur une terrasse d'une maison située sur le rocher de Monaco à 70^m d'altitude.

Je me suis servi d'un électromètre bifilaire à lectures directes de Wulf, dont l'étalonnage, vérifié récemment à Paris, n'a jamais sensiblement varié depuis que je me sers de cet instrument. Ses indications étaient fréquemment comparées à celles d'un électroscope d'Elster et Geitel, que j'utilise depuis plus de 40 ans.

L'égaliseur de potentiel était un collecteur au radium de forme conique, fabriqué suivant les directives de l'Institut de Physique du Globe, qui m'avait servi au cours de recherches antérieures. Je disposais aussi de deux collecteurs en forme de disques, que j'avais utilisés lors de l'expédition du

Pourquoi-Pas? en 1908-1910, et qui ont toujours conservé une grande sensibilité.

L'égaliseur de potentiel était supporté par une canne d'ébonite de fabrication allemande, et relié sans aucun support intermédiaire à l'électromètre ou à l'électroscope. L'isolement de la canne d'ébonite s'est toujours révélé parfait, sauf pendant les temps humides, où une condensation se produisait à sa surface. C'est la raison pour laquelle je n'observais que par beau temps.

Il ne m'a pas été possible de faire des mesures de réduction au plan, car aucun emplacement dans le voisinage ne me paraissait réunir des conditions meilleures. La terrasse de la maison sur laquelle j'installais mes instruments est située à 110^m de la mer; il n'existe de ce côté aucun obstacle. Du côté de la terre, elle est légèrement dominée par des constructions voisines dont l'influence, sans doute négligeable sur la valeur du champ, ne pourrait en tout cas que le diminuer. Or, comme nous allons le voir, c'est la valeur relativement très grande du champ qui est la caractéristique principale de mes observations.

La moyenne des 269 observations donne un champ par mètre de 366 V pour une altitude de 70^m.

Si l'on ne considère, afin d'éliminer l'influence de la nébulosité, que les observations faites par ciel pur (nébulosité = 0), on a 68 observations dont la moyenne est de 375 V/m.

Par nébulosité égale à 10, 14 observations donnent une moyenne de 300 V/m.

Le champ a été 2 fois inférieur à 150 V, 70 fois inférieur à 300 V, 19 fois supérieur à 600 V, 3 fois supérieur à 1000 V.

Il peut être intéressant de noter les dates où le champ a dépassé 1000 V/m, ainsi que les circonstances météorologiques qui accompagnaient ces observations :

29 janvier, 13^h. — Champ 1050 V; nébulosité 2, cirrus; vent S 2 à 3 (Beaufort); pression barométrique 1038^{mb}; situation générale : anticyclone sur la Suisse.

24 septembre, 12^h15^m. — 1200 V; 6, cirro-stratus, alto-cumulus; NNE 3; 1015^{mb}; situation orageuse sur l'ensemble de la France.

7 novembre, 13^h15^m. — 1100 V; 2, stratus à l'horizon; SSE 1; 1000^{mb}; dépression sur l'Italie centrale.

La variation annuelle est donnée par le tableau suivant :

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
1........	492	474	381	297	276	312	357	288	405	348	381	306
2........	465	474	381	261	297	315	336	249	357	366	420	369

1. Moyenne de toutes les observations.
2. Moyenne des observations par nébulosité = 0.

La variation saisonnière est la suivante :

	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.
1	424	318	319	378
2	436	314	300	381

L'hiver et l'automne ont des champs nettement plus forts que le printemps et l'été.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau le programme du *Congrès international de Microscopie électronique*, qui se tiendra à Paris, du 14 au 22 septembre 1950.

M. **Stephen Timoshenko** fait hommage à l'Académie des Ouvrages suivants : *Théorie de l'élasticité; Théorie des vibrations; Théorie de la stabilité élastique*, traduits de l'anglais, par A. de Riva-Berni; *Résistance des matériaux*, 2 volumes traduits de l'anglais, par Ch. Laffitte; *Théorie des constructions*, en collaboration avec D. H. Young, traduit de l'anglais, par Francis Schell.

PLIS CACHETÉS.

M. **Charles Pitoiset** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 10 novembre 1947 et enregistré sous le n° 12357.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Principe d'une machine à lire par clichés photographiques négatifs* (*à l'usage des aveugles*).

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

CORRESPONDANCE.

M. **André Mayer** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *Richard Fosse*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Osservatorio geofisico. Trieste. Nuova série. *Pubblicazioni*, n°s 1 à 11.

2° *The Montreal botanical Garden*.

3° *Mémoires du Jardin botanique de Montréal*. Édition française, n°s 1 à 5.

ANNEAUX NON ASSOCIATIFS. — *Sur les conditions pour qu'un anneau soit à puissances commutatives.* Note de M. **Raymond Raffin**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous considérons des anneaux non associatifs et nous montrons que, même dans le cas des anneaux de caractéristique zéro, l'ensemble des anneaux à puissances principales commutatives ([1]) est inclus strictement dans l'ensemble des anneaux à puissances commutatives, ce qui implique la présence de relations autres que $x^p x^q = x^q x^p$ dans les conditions minimales ([2]) de commutation des anneaux monogènes.

Si $\mathfrak{A}$ désigne un anneau quelconque, x un élément arbitraire de $\mathfrak{A}$, p et q des entiers naturels arbitraires, il est clair que la condition $x^p x^q = x^{p+q}$ suffit ([3]) pour que $\mathfrak{A}$ soit un anneau à puissances associatives : toute puissance x se réduit alors, en effet, à une puissance principale.

Au contraire, la condition analogue $x^p x^q = x^q x^p$ n'est pas suffisante pour qu'un anneau soit à puissances commutatives même dans le cas des anneaux de caractéristique zéro.

En effet, soit x un élément arbitraire de l'anneau considéré et soit

$$[uv] = uv - vu :$$

1° Lemme 1. — *Si dans un anneau de caractéristique première à 2 on a $xx^2 = x^3$ et $xx^{n-2} = x^{n-1}$, il en résulte* ([4])

$$(1) \qquad [x^{n-2}x^2] = 2[x^{n-1}x].$$

2° Lemme 2. — *Dans un anneau monogène, à puissances principales commutatives, de caractéristique première à 30, tous les commutateurs de degré < 9 sont nuls* ([5]).

Le nombre ([2]) des commutateurs de degré 9 est alors $\pi_9 = 46$. Le nombre des *commutateurs principaux* (c'est-à-dire de la forme $[x^p x^q]$) est 4.

3° Les linéarisations ([2]) des relations *indépendantes* (et suffisantes pour l'annulation des commutateurs de degré < 9)

$$[x^{2n}x] = [x^k x^3] = 0 \qquad (n = 1, 2, 3;\ k = 4, 5),$$

dans le cas d'un anneau de caractéristique première à 210, fournissent

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 804.

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 904.

([3]) A. A. Albert a donné des conditions beaucoup plus faibles, en particulier dans le cas des anneaux de caractéristique zéro (*Transactions of the Am. Math. Soc.*, 64, 1948, p. 554).

([4]) Si les commutateurs de degré $< n$ sont nuls, il existe une ordination naturelle des commutateurs de degré n telle que le second et l'avant-dernier soient doubles respectivement du premier et du dernier.

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 906, Corollaire.

$p_9^3 + p_9^5 + 2p_9^7 + p_9^8 = 42$ équations, linéaires par rapport aux commutateurs, *linéairement indépendantes* sur [1] et *résolubles* sur [1] en fonction de 4 commutateurs *indépendants*.

4° La relation (1) où l'on fait $n = 7$ montre que parmi ces 4 commutateurs, 3, au plus, peuvent être principaux.

Exemple. — Soit $\mathcal{B}$ un anneau associatif, commutatif et avec un élément unité 1, quelconque, et une algèbre $[a]$, du douzième ordre sur $\mathcal{B}$, ayant comme base

$$a_1 = a, \quad a_2 = a^2, \quad a_3 = a^3, \quad a_4 = a^4,$$
$$a_5 = a^2a^2, \quad a_6 = a^3a^2, \quad a_7 = (a^2a^2)a, \quad a_8 = a^4a^2,$$
$$a_9 = (a^3a^2)a, \quad a_{10} = a^4a^3, \quad a_{11} = (a^4a^3)a, \quad a_{12} = ((a^4a^3)a)a.$$

L'algèbre est définie par la table de multiplication suivante

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}
a_1	a_2	a_3	a_4	0	a_7	a_9	$-a_8-a_9$	$-a_{10}$	$-a_{10}$	a_{11}	0	0
a_2	a_3	a_5	a_6	a_8	$-2a_8-2a_9$	0	$-2a_{10}$	$2a_{11}$	0	0	0	0
a_3	a_4	a_6	0	a_{10}	$-2a_{10}$	0	$4a_{11}$	0	0	0	0	0
a_4	0	a_8	a_{10}	0	$-6a_{11}$	0	0	0	0	0	0	0
a_5	a_7	$-2a_8-2a_9$	$-2a_{10}$	$-6a_{11}$	$16a_{11}$	0	0	0	0	0	0	0
a_6	a_9	0	0	$-2a_{12}$	0	0	0	0	0	0	0	0
a_7	$-a_8-a_9$	$-2a_{10}$	$4a_{11}$	$6a_{12}$	$-8a_{12}$	0	0	0	0	0	0	0
a_8	$-a_{10}$	$2a_{11}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_9	$-a_{10}$	0	$-2a_{12}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_{10}	a_{11}	$2a_{12}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_{11}	a_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les produits d'éléments de base dont la somme des degrés est 9 sont encadrés d'un trait. Ces produits mis à part, la table est symétrique par rapport à sa diagonale principale. Soient $(u, v, \ldots)$ le module engendré par les éléments $u, v, \ldots$; x et y deux éléments quelconques de $[a]$, nous avons :

$$[xy] \in (a_{12}), \quad xx^2 = x^3, \qquad xx^4 = x^5 \in (a_{11}, a_{12}).$$

Il en résulte : $x^6 \in (a_{12})$, d'où $xx^6 = x^7 = 0$ et plus généralement $x^n = 0$ si $n > 6$: $[a]$ est donc à puissances principales uniques ([1]). En outre, $[x^4x^3] = 0$. Par suite si, par exemple, $\mathcal{B}$ est de caractéristique zéro, tous les commutateurs de degré < 8 sont nuls. Enfin $x^px^q = 0$ si $p + q > 7$, sauf pour $p = q = 4$, $[a]$ est donc à puissances principales commutatives et cependant $[((x^4x^3)x)x] \neq 0$.

Nous pouvons donc énoncer :

THÉORÈME. — *Si* $\{\mathfrak{A}_3\}$ *et* $\{\mathfrak{A}_5\}$ *désignent* ([1]) *respectivement l'ensemble des anneaux à puissances principales commutatives et l'ensemble des anneaux à puissances commutatives, on a :*

$$\{\mathfrak{A}_3\} \supset \{\mathfrak{A}_5\},$$

cette relation étant encore vraie, si l'on se borne aux anneaux de caractéristique zéro.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les théorèmes de M. Mandelbrojt du type de M. Hadamard dans la théorie des séries de Dirichlet.* Note de M. **Yu Chia-Yung**, transmise par M. Jacques Hadamard.

Dans ses théorèmes du type de M. Hadamard sur la composition des singularités des séries de Dirichlet, M. S. Mandelbrojt [1] a supposé les deux séries bornées ou d'un certain ordre de croissance à l'extérieur des singularités (« aux singularités près »). Cet auteur a indiqué qu'il serait intéressant de se débarrasser de telles hypothèses; il a d'ailleurs supprimé cette hypothèse sur une des séries données [2]. M. H. D. Brunk [3] a entrepris des recherches sur cette question et a obtenu des résultats intéressants. En nous inspirant de la méthode de M. Mandelbrojt, nous pouvons nous appuyer sur le théorème de MM. Schottky-Valiron [4] pour supprimer ces hypothèses sur les deux séries données tout en augmentant l'ensemble des singularités possibles de la série composée. Nous exposons ici notre résultat sur le théorème de la première forme de M. Mandelbrojt; nous employons sa terminologie et ses notations.

Supposons que $f(s)=\Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$, $\lambda_n \uparrow \infty$, $s=\sigma+it$, avec $|\sigma_A^f|<\infty$, est uniforme dans le « quart de plan » $\sigma>\sigma_1$, $t>t_0$ et que $\varphi(s)=\Sigma b_n e^{-\lambda_n s}$, avec $|\sigma_A^\varphi|<\infty$, est uniforme dans le demi-plan $\sigma>\sigma_1$. Soit $S_f^{\sigma_1,t_0}$ « l'ensemble singulier de $f(s)$ par rapport [5] au quart de plan $\sigma>\sigma_1$, $t>t_0$». Si $\sigma_1<\sigma_A^f$, choisissons un entier $k\geqq 0$, un nombre $\eta>0$ et deux nombres complexes distincts a et b, et enlevons de l'ensemble

$$E_f^{\sigma_1,t_0}=E_f^{\sigma_1,t_0}[a,\,b;\,\eta]=E\{s;\,f(s)=a \text{ ou } b,\ \sigma_1<\sigma<\sigma_A^f+\eta,\ t>t_0\}$$

un sous-ensemble $\mathcal{E}_f^{\sigma_1,t_0}=\mathcal{E}_f^{\sigma_1,t_0}[a,\,b;\,\eta,\,k]$ tel que dans chaque rectangle

$$E\{s;\,\sigma_1<\sigma<\sigma_A^f+\eta,\ t_0+n<t\leqq t_0+n+1\}\qquad (n=0,\,1,\,2,\,\ldots),$$

il existe au plus k points appartenant à l'ensemble $E_f^{\sigma_1,t_0}-\mathcal{E}_f^{\sigma_1,t_0}$.

Posons $\mathfrak{S}_f^{\sigma_1,t_0}=\mathfrak{S}_f^{\sigma_1,t_0}[a,\,b;\,\eta,\,k\,\mathcal{E}]=S_f^{\sigma_1,t_0}$ si $\sigma_1\geqq\sigma_A^f$, et $=S_f^{\sigma_1,t_0}\cup\mathcal{E}_f^{\sigma_1,t_0}$ si $\sigma_1<\sigma_A^f$. Soit $S_\varphi^{\sigma_2}$ « l'ensemble singulier de $\varphi(s)$ par rapport au demi-plan $\sigma>\sigma_2$ » et soit $\mathfrak{S}_{f,\varphi}^{\sigma_1,t_0;\,\sigma_2}=\mathfrak{S}_{f,\varphi}^{\sigma_1,t_0;\,\sigma_2}[a,\,b;\,\eta,\,k,\,\mathcal{E}]$ la somme composite de $\mathfrak{S}_f^{\sigma_1,t_0}$ et de S_φ^{σ}. Soient $H_f^+(\sigma_1)$ l'« abscisse finale $(+)$ d'holomorphisme de $f(s)$ dans $\sigma>\sigma_1$ » et $H_\varphi(\sigma_2)$ l'« abscisse d'holomorphisme de $\varphi(s)$ dans $\sigma>\sigma_2$ ».

Si $\sigma_2<\sigma_A^\varphi$, choisissons un entier $l\geqq 0$ et désignons par $P_l=P_l[\varphi,\ \sigma_2;$

---

(1) *Acta Math.*, 50, 1930, p. 1-32 et *The Rice Institute Pamphlet*, 31, Houston, 1944.

(2) *Bull. Soc. Math. France*, 57, 1929, p. 78-103 et *loc. cit.*, *voir* (1).

(3) *Duke Math. J.*, 12, 1945, p. 1-21.

(4) *Annali R. Scoula Norm. Sup. Pisa*, série II, 2, 1933, p. 377 et *Mémorial Sc. Math.*, fasc. 89, 1938, p. 16.

(5) *Voir* Mandelbrojt (1).

$f, \sigma_1, t_0; a, b; \eta, k, \mathcal{E}]$ l'ensemble des points ayant la propriété suivante : Pour que $\gamma \in P_l$, il faut et il suffit que, quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe plus de l points distincts $\rho_p = \rho_p(\varepsilon) \in E\{s; \varphi(s) = p, \sigma_2 < \sigma < \sigma_\Lambda^\varphi + H_f^+(\sigma_1) - \sigma_1\}$ et des points $\alpha \in \mathfrak{S}_f^{\sigma_1, t_0}$ tels que $|\gamma - \alpha - \rho_p| < \varepsilon$ pour toutes les valeurs complexes de p sauf peut-être pour une au plus. Si $\sigma_2 \geq \sigma_\Lambda^\varphi$, posons $P_l = \{0\}$. Notre ensemble P_l est évidemment une généralisation de l'ensemble P de M. Mandelbrojt.

Dans ces conditions, en posant $F(s) = \Sigma a_n b_n e^{-\lambda_n s}$, *nous avons* $\sigma_A^F \leq \sigma_\Lambda^f + \sigma_\Lambda^\varphi$; $F(s)$ *est uniforme dans le demi-plan* $\sigma > H_f^+(\sigma_1) + \sigma_2$ *et ses seuls points singuliers possibles dans ce demi-plan se trouvent dans l'ensemble* $\overline{\mathfrak{S}_{f,\varphi}^{\sigma_1, t_0; \sigma_2} \cup P_l}$.

Nous démontrons cet énoncé par la méthode de M. Mandelbrojt, mais nous utilisons ici le théorème de MM. Schottky-Valiron au lieu du théorème de Schottky, utilisé par M. Mandelbrojt.

Remarquons que nous pouvons choisir $\mathcal{E}_f^{\sigma_1, t_0}$ de toutes les manières possibles, η étant un nombre positif arbitraire, k et l deux entiers non négatifs quelconques, et a et b deux valeurs complexes distinctes quelconques. D'ailleurs, nous pouvons remplacer t_0 par chaque nombre $t > t_0$. Nous voyons ainsi que les seuls points singuliers possibles de $F(s)$ dans le demi-plan $\sigma > H_f^+(\sigma_1) + \sigma_2$ sont les points d'intersection de tous les ensembles $\overline{\mathfrak{S}_{f,\varphi}^{\sigma_1, t_0; \sigma_2} \cup P_l}$, où les paramètres prennent toutes les valeurs possibles.

Si $\sigma_1 = \sigma_2 = -\infty$, $F(s)$ est uniforme dans tout le plan, et nous pouvons obtenir également des renseignements sur les singularités possibles de $F(s)$ dans tout le plan.

Le théorème de MM. Cramér-Mandelbrojt-Bernstein ([6]) et le théorème de la deuxième forme de M. Mandelbrojt du type de M. Hadamard ou de Hurwitz peuvent se traiter d'une manière analogue; en suivant l'ordre d'idées de M. D. V. Widder ([7]), ces derniers théorèmes se transportent aussi immédiatement aux transformées de Laplace-Stieltjes.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'itération des transformations analytiques portant sur deux variables complexes.* Note de M. **Michel Hervé**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note contient quelques propriétés de l'itération d'une transformation intérieure $z_1 = F(z)$ d'un domaine borné univalent D, considérée d'abord sur une variété analytique dans D invariante par $F(z)$, puis dans le domaine D en supposant successivement : que $F(z)$ a un point double non attractif dans D; qu'une itérée de $F(z)$ a un tel point double; qu'il existe au moins une transformation intérieure de D limite d'une suite d'itérées de $F(z)$.

Une transformation (analytique) intérieure de D fait correspondre à chaque point z de D, de coordonnées x, y, un point $z_1 = F(z)$ de D, de coordonnées

(6) V. Bernstein, *Séries de Dirichlet*, Paris, 1933, p. 218.

(7) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 31, 1929, p. 721.

x_1, y_1 fonctions holomorphes de x, y; on supposera que cette transformation *n'est pas un automorphisme* de D. J'appellerai *transformation limite* de l'itération de $F(z)$ la limite (uniforme sur tout compact) d'une suite d'itérées de $F(z)$: $\Phi(z)=\lim_{n_k=\infty} F_{n_k}(z)$; ce n'est pas toujours une transformation intérieure de D : on peut seulement écrire $\Phi(D)\subset\overline{D}$, mais, pour certains domaines D (par exemple une boule, ou un bicylindre $\delta_1\times\delta_2$, δ_1 et δ_2 étant deux domaines plans) on a, soit $\Phi(D)\subset D$, soit $\Phi(D)$ porté par la frontière de D.

Une variété analytique E dans D ([1]) sera dite *invariante* par la transformation $F(z)$ si $F(E)\subset E$; par exemple si $F(z)$ admet un point double et si les valeurs propres s_1, s_2 de son déterminant fonctionnel en ce point vérifient $0<|s_2|\leqq|s_1|<1$ et $s_1^p\neq s_2$ quel que soit l'entier p, il existe ([2]) deux fonctions de Kœnigs $K_1(x,y)$, $K_2(x,y)$ holomorphes sur D, à déterminant fonctionnel $\not\equiv 0$, vérifiant

$$K_1(x_1, y_1)\equiv s_1 K_1(x, y), \tag{1}$$

$$K_2(x_1, y_1)\equiv s_2 K_2(x, y), \tag{2}$$

et chacune des équations $K_1(x, y)=0$, $K_2(x, y)=0$ définit une variété invariante; il n'y en a d'ailleurs aucune autre ([3]) si s_2 n'est pas une puissance rationnelle de s_1; si au contraire $s_1^p=s_2^q$, il y en a une infinité d'autres, définies par $[K_1(x,y)]^p+\lambda[K_2(x,y)]^q=0$. Si $s_1^p=s_2$, il peut arriver que $[K_1(x,y)]^p$ soit la seule fonction vérifiant (2), auquel cas $K_1(x,y)=0$ est la seule variété invariante.

Les deux énoncés qui suivent étendent aux variétés invariantes des propriétés classiques de l'itération dans un domaine plan :

1° Si $F(E)\subset E$, et s'il existe une transformation limite $\Phi(z)$ telle que $\Phi(E)$ se réduise à un point z_0 de D, donc de E, alors $z_0=F(z_0)$, et ce point double est attractif pour E, c'est-à-dire que $\lim_{n=\infty} F_n(z)=z_0$ pour tout $z\in E$, uniformément sur $E\cap K$ (quel que soit le compact $K\subset D$), ou encore, pour toute transformation limite $\Phi_1(z)$, $\Phi_1(E)=z_0$.

2° Si $F(E)\subset E$, si E est *irréductible* ([4]), et s'il existe une transformation limite $\Phi(z)$ telle que $\Phi(E)$ comprenne au moins un point de D, donc de E, sans se réduire à ce point, alors la transformation $F(z)$ met la variété E en correspondance biunivoque avec elle-même, ainsi que toute transformation limite $\Phi_1(z)$ telle que $\Phi_1(E)$ comprenne au moins un point de E; si même $\Phi_1(z)$ est une transformation intérieure de D, $\Phi_1(D)=E$. Par suite, s'il y a

---

([1]) H. Cartan, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 61, 1944, p. 149, append. II.

([2]) S. Lattès, *Bull. Soc. math. de France*, 39, 1911, p. 309.

([3]) Plus précisément, il n'y en a aucune dont un point au moins vérifie $K_1K_2\neq 0$.

([4]) Ce mot est pris ici dans son sens global; *cf.* note ([1]).

au moins une transformation limite intérieure, une seule variété irréductible peut jouir des propriétés énoncées.

Cas où la transformation $z_1 = F(z)$ a un *point double non attractif* : il passe par le point double une variété irréductible E, non réduite à ce point, invariante par la transformation $F(z)$, mise en correspondance biunivoque avec elle-même par $F(z)$ et par toute transformation limite $\Phi(z)$; si celle-ci est intérieure, $\Phi(D) = E$. La recherche de E au voisinage du point double peut se faire suivant la méthode indiquée par Lattès ([5]). Comme on ne peut avoir $\overline{E} \subset D$, on retrouve le fait ([6]) que si, pour un n, $\overline{F_n(D)} \subset D$, la transformation $F(z)$ ne peut avoir de point double non attractif.

Cas où *une itérée* $F_n(z)$ *a un point double non attractif* : si $F_n(O) = O$, et si aucune itérée de rang inférieur à n n'a de point double, les points $F(O) = O_1$, $F(O_1) = O_2$, ..., $F(O_{n-2}) = O_{n-1}$ sont distincts; il existe en général n variétés irréductibles non ponctuelles $E, E_1, \ldots, E_{n-1}$ telles que $F(z)$ définisse une correspondance biunivoque entre E et E_1, E_1 et E_2, ..., E_{n-1} et E, et que toute transformation limite en définisse une (pour une valeur convenable de p) entre E et E_p, E_1 et E_{p+1}, ..., E_{n-1} et E_{p-1}. On ne peut avoir, pour une transformation limite $\Phi(z)$, $\Phi(D) = E + E_1 + \ldots + E_{n-1}$ que si $E, E_1, \ldots, E_{n-1}$ se confondent; réciproquement, s'il y a au moins une $\Phi(z)$ intérieure, $E, E_1, \ldots, E_{n-1}$ se confondent et $\Phi(D) = E$. Pour que $E, E_1, \ldots, E_{n-1}$ se confondent, il faut et il suffit que $O, O_1, \ldots, O_{n-1}$ appartiennent à la même composante connexe de l'ensemble des points de D dont la suite des itérées n'a aucun point d'accumulation sur la frontière de D.

Cas où il y a au moins une *transformation limite intérieure* : si c'est une constante z_0, z_0 est point double attractif; sinon, il existe une variété irréductible E, non réduite à un point, mise en correspondance biunivoque avec elle-même par $F(z)$ et par toute transformation limite intérieure $\Phi(z)$, et $\Phi(D) = E$. Ainsi, si, pour un n, $\overline{F_n(D)} \subset D$, il y a un point double attractif, résultat qui étend à deux variables le théorème de Ritt ([7]).

CALCUL EXPÉRIMENTAL. — *Sur la détermination numérique de fonctions biharmoniques par un procédé analogique.* Note (*) de MM. **Lucien Malavard** et **Jean Boscher**, présentée par M. Joseph Pérès.

On réalise au bassin électrique les deux fonctions harmoniques φ et ψ telle que la fonction biharmonique s'écrive $x\varphi + \psi$. Application à des problèmes d'élasticité plane.

La représentation par analogies rhéoélectriques, d'une fonction biharmonique $\Phi(x, y)$ peut être obtenue en utilisant les expressions de $\Phi(x, y)$ au

([5]) *Thèse*, *Annali di Mat.*, 3e série, **13**, 1907, p. 1.

([6]) E. Peschl, *Berichte Math. Tagung Tübingen*, 1946, p. 112.

([7]) *Annals of Math.*, **22**, 1921, p. 157.

(*) Séance du 27 mars 1950.

moyen de deux fonctions harmoniques $\varphi(x, y)$ et $\psi(x, y)$, par exemple l'expression

$$\Phi(x, y) = x\varphi(x, y) + \psi(x, y). \tag{1}$$

On aura à réaliser dans deux bassins électriques identiques, reproduisant le domaine de définition de Φ, les images des fonctions φ et ψ en tenant compte des conditions à la frontière. Le cas le plus usuel est celui où ces données à la frontière sont les valeurs que prennent la fonction Φ et sa dérivée normale $d\Phi/dn$. Ce type de données se présente notamment dans les problèmes d'élasticité plane quand on connaît les forces agissant au contour de la pièce chargée.

Dans ces conditions les fonctions harmoniques φ et ψ doivent à la frontière vérifier les relations

$$x\varphi + \psi = \Phi \tag{2}$$

et

$$\varphi \cos\alpha + x\frac{d\varphi}{dn} + \frac{d\psi}{dn} = \frac{d\Phi}{dn}, \tag{3}$$

α désignant l'angle que fait la normale au contour avec l'axe Ox, Φ et $d\Phi/dn$ étant donnés. On ne peut évidemment de ces relations (2) et (3), déduire des conditions concernant φ et ψ respectivement, de sorte qu'il faut, par approximations successives, procéder au réglage simultané de l'alimentation des deux bassins.

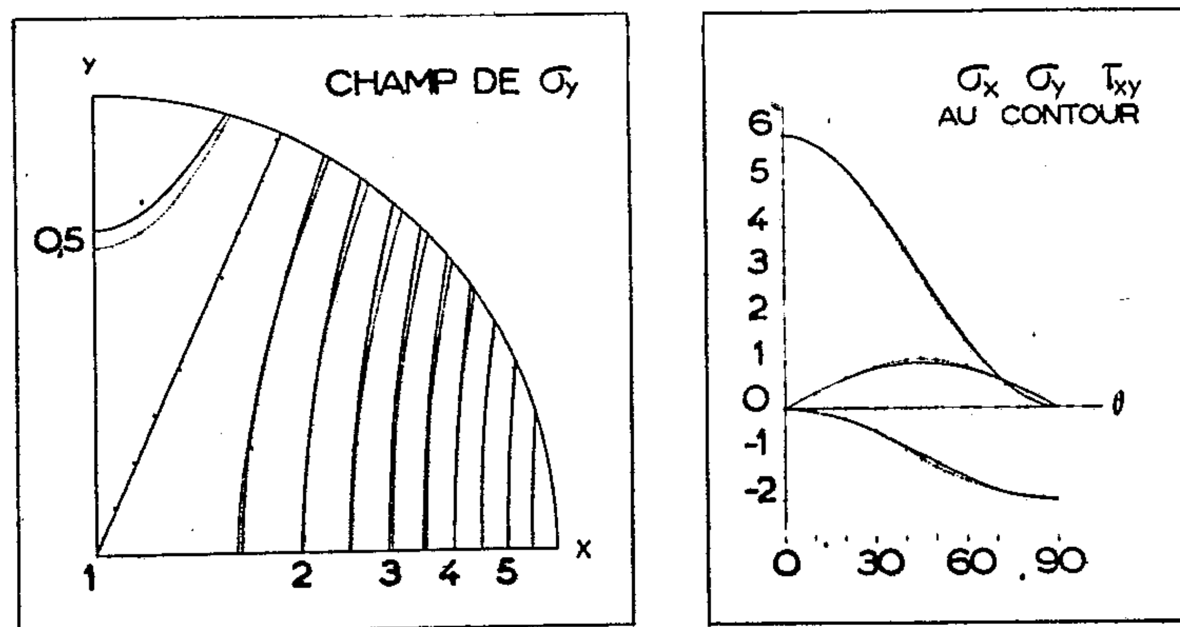
Notons en passant que dans la relation (1), φ et ψ admettent une indétermination d'ailleurs évidente. On évitera toute difficulté pouvant en résulter dans la conduite des approximations successives en introduisant des conditions (par exemple : donnée de φ en deux points du contour) qui suppriment l'indétermination.

Un cas, très courant, est celui où $\Phi(x, y)$ et le contour frontière (Γ) sont symétriques par rapport à un axe, Oy par exemple. Les fonctions $\varphi(x, y)$ et $\psi(x, y)$, respectivement antisymétrique et symétrique par rapport à Oy, sont alors bien déterminées. Chacun des deux bassins représente la moitié du champ, limité à l'axe Oy, lequel sera matérialisé par un conducteur (dont le potentiel est nul par définition) pour le bassin φ et par un isolant pour le bassin ψ. Sur la frontière du champ les bassins sont munis de petites électrodes régulièrement espacées et d'équidistance ε; l'alimentation de chaque électrode est assurée par l'intermédiaire d'une résistance R dont l'autre extrémité est portée à un potentiel $\bar{\varphi}$ (ou $\bar{\psi}$). Dans ces conditions on reconnaît immédiatement que la relation (3) s'écrit

$$x\bar{\varphi} + \bar{\psi} - A\varphi\cos\alpha - \Phi + A\frac{d\Phi}{dn} = 0, \tag{3'}$$

avec $A = \sigma\varepsilon h R$, σ désignant la conductivité de l'électrolyte et h, sa hauteur.

On est donc ramené à remplir les conditions (2) et (3') entre les potentiels, *a priori* inconnues, φ, $\bar{\varphi}$ et ψ, $\bar{\psi}$. Les approximations partiront d'une loi plausible des φ, soit φ_1, d'où, d'après (2), la distribution correspondante ψ_1; ces potentiels, une fois établis aux électrodes des deux bassins, on mesurera les $\bar{\varphi}_1$ et les $\bar{\psi}_1$. Les valeurs ainsi obtenues portées dans (3') font apparaître un second membre qui n'est pas nul, mais égal à un certain résidu δ_1. Les valeurs de ces résidus permettent de corriger la loi admise pour les φ en passant à une seconde approximation φ_2, et ainsi de suite (on peut prendre le plus souvent $\varphi_n = \varphi_{n-1} - k\delta_{n-1}/\mathrm{A}\cos\alpha$, avec $k < 1$). La convergence est assez rapide et le relevé des potentiels $\varphi(x, y)$ et $\psi(x, y)$, définis finalement dans chacun des bassins, permet de déterminer dans tout le champ $\Phi(x, y)$.



La méthode a été éprouvée pour la détermination de la fonction d'Airy dans un disque soumis à des tensions réparties parallèles à Oy et de valeurs en chaque point du contour $8x^2y$. Les symétries permettaient d'utiliser le bassin en quart de cercle (avec 19 électrodes de contour, disposées de 5 en 5 degrés). Les valeurs de Φ obtenues expérimentalement ont été utilisées, par dérivation numérique, pour déterminer les contraintes. Les deux figures donnent d'une part les courbes théoriques et expérimentales (en pointillé) de la contrainte σ_y et d'autre part, au contour de la pièce des trois contraintes σ_x, σ_y, τ_{xy}.

La méthode s'adapte facilement à d'autres problèmes aux limites.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *De l'information.*

Note (*) de M. **Robert Féron**, présentée par M. Émile Borel.

Divers indices peuvent servir à caractériser l'information que nous avons sur une variable aléatoire Y de fonction de répartition $F(y)$. Citons notamment,

(*) Séance du 28 novembre 1949.

l'écart moyen μ, la fluctuation σ^2, le moment typique d'ordre k :

$$m^{(k)} = \min_a \int |y-a|^k dF(y) \quad (^1),$$

l'étendue L $\left(L = \min b - a \text{ quand } \int_a^b dF(y) = 1\right)$.

Les moyennes des écarts moyens liés $\mu_{x_1,\ldots x_p}$, des fluctuations liées $\sigma^2_{x_1,\ldots x_p}$, des moment typiques liés $m^{(k)}_{x_1,\ldots x_p}$ des étendues liées $L_{x_1,\ldots x_p}$ sont inférieurs respectivement à l'écart moyen marginal, à la fluctuation marginale, au moment typique marginal, à l'étendue marginale.

$$\mathfrak{M}\,\mu_{x_1\ldots x_p} \leqq \mu, \tag{1}$$
$$\mathfrak{M}\,\sigma^2_{x_1\ldots x_p} \leqq \sigma^2, \tag{2}$$
$$\mathfrak{M}\,m^{(k)}_{x_1\ldots x_p} \leqq m^{(k)}, \tag{3}$$
$$\mathfrak{M}\,L_{x_1\ldots x_p} \leqq L. \tag{4}$$

1° Si toutes les valeurs équiprobables liées sont uniques, on ne peut avoir le signe = dans (1) que si $\overline{Y}_{x_1\ldots x_p} = \overline{Y}$ presque certainement.

2° On ne peut avoir le signe = dans (2) que si $\overline{Y}_{x_1,\ldots,x_p} = \overline{Y}$ presque certainement.

3° Pour $k > 1$, on ne peut avoir le signe = dans (3) que si la valeur typique d'ordre k : $T^{(k)}_{x_1\ldots x_p}$ de la variable liée $Y_{x_1\ldots x_p}$ est presque certainement égale à la valeur typique d'ordre k de Y.

4° On ne peut avoir le signe = dans (4) que si

$$\text{Midrange } Y_{x_1,\ldots,x_p} = \text{Midrange } Y$$

presque certainement.

Les quantités :

$$C_1 = 1 - \frac{\mathfrak{M}\,\mu_{x_1,\ldots x_p}}{\mu}, \qquad C_2 = \eta^2 = 1 - \frac{\mathfrak{M}\,\sigma^2_{x_1,\ldots x_p}}{\sigma^2}, \qquad C_k = 1 - \frac{\mathfrak{M}\,m^{(k)}_{x_1\ldots x_p}}{m^{(k)}},$$
$$\mathcal{C} = 1 - \frac{\mathfrak{M}\,L_{x_1,\ldots x_p}}{L}$$

définissent de nouveaux indices de concentration. Soient C'_1, C'_2, C'_k, $\mathcal{C}'$ les indices empiriques de concentration correspondants, dans le cas où les x_i ne peuvent prendre qu'un nombre fini de valeurs.

Il suffit que le moment d'ordre 2 de Y existe et que toutes les variables liées n'aient qu'une seule valeur équiprobable pour que C'_1 tende en probabilité vers C_1.

Il suffit que le moment d'ordre 4 de Y existe pour que η'^2 tende en probabilité vers η^2.

---

(1) M. Fréchet a montré qu'on a $m^{(1)} = \mu$, $m^{(2)} = \sigma^2$.

Si k est un entier pair, il suffit que le moment d'ordre $2k$ de Y existe pour que C'_k tende en probabilité vers C_k.

$\mathcal{C}'$ tend en probabilité vers $\mathcal{C}$ sans condition supplémentaire.

L'étendue de la variable aléatoire $Y_{x_1 \ldots x_p}$ ne peut être supérieure à celle de la variable aléatoire Y. Autrement dit, avec cette mesure de l'information un renseignement supplémentaire ne peut nous faire perdre de l'information.

Si les étendues des variables aléatoires Y et Z sont toutes deux infinies nous pourrons néanmoins comparer les étendues L_N^Y et L_N^Z de deux échantillons de N individus prélevés dans les populations correspondantes. Nous conviendrons de dire que l'étendue de Y est inférieure à celle de Z si $\overline{L}_N'^Y/\overline{L}_N^Z$ tend vers zéro en probabilité quand $N \to \infty$ et que les étendues de Y et Z sont équivalentes si l'on peut trouver deux constantes positives K et K' telles que :

$$\Pr\left\{K < \frac{\overline{L}_N'^Y}{\overline{L}_N^Z} < K'\right\} \to 1$$

quand N tend vers l'infini.

Cette définition est justifiée par le théorème de Elfving ([2]) sur l'étendue empirique L'_n des variables aléatoires Y de fonction de répartition

$$\Phi(y) = \int_{-\infty}^{y} C\, e^{-|y|^\alpha}\, dy.$$

Enfin que l'étendue soit finie où non, nous pouvons définir l'information au moyen de la fonction de concentration de Paul Lévy $C(l)$.

Si $C(l_\eta) = 1 - \eta$, nous conviendrons de dire que l'η-étendue est l_η. Alors, il est aisé de voir que si dans une population nous prélevons un échantillon de N individus, l'η-étendue empirique tend en probabilité vers l'η-étendue théorique quand N tend vers l'infini.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une classe de fonctions aléatoires.* Note (*) de M. **Maurice Roseau**, présentée par M. Joseph Pérès.

Invariance des moments du second ordre par l'application d'un opérateur linéaire. Cas d'opérateurs unitaires ou hermitiques.

Soit S_t la famille d'opérateurs linéaires définie dans le champ des fonctions aléatoires du second ordre par

$$U(x, t) = S_t\, U(x) = \int_a^b K(x, \xi; t)\, U(\xi)\, d\xi, \tag{1}$$

([2]) Elfving, *The asymptotical distribution of range in samples from a normal population. Biometrika*, janvier 1947, p. 111-119.

(*) Séance du 27 mars 1950.

en moyenne quadratique et telle que

(2) $$S_t S_{t'} = S_{t'} S_t = S_{t+t'}, \qquad S_0 = 1,$$

on se propose de rechercher les f. a. $U(x)$ telles que le moment du second ordre $m[S_t U(x) \overline{S_t U(y)}]$ soit indépendant de t.

En posant $\varphi(\xi, \eta) = m\, U(\xi)\,\overline{U(\eta)}$ tout revient à chercher les fonctions $\varphi(x,y)$ définies positives solutions de l'équation intégrale

(3) $$\varphi(x,y) = \int_a^b \int_a^b K(x, \xi;\, t)\, K(y, \eta;\, t)\, \varphi(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta.$$

Or, si $\varphi(x, y)$ est une fonction définie positive de carré sommable, l'opérateur linéaire $\Phi f = \int_a^b \varphi(x, y) f(x)\, dx$ est défini partout dans L^2 et est un hermitien positif. De plus si $h_i(x)$ désigne une base orthonormale pour L^2, il résulte de l'inégalité de Parseval que la série $\sum_i \sum_j |\lambda_{ij}|^2$, où l'on a posé $\lambda_{ij} = (\Phi h_i, h_j)$, est convergente

(4) $$\sum_i \sum_j |\lambda_{ij}|^2 \subset +\infty.$$

Inversement Φ étant un opérateur hermitien positif défini partout satisfaisant à 4 (il est donc en particulier borné), soit $\varphi(x, y)$ la limite forte de $\sum_i \sum_j \lambda_{ij} \overline{h_i(x)}\, h_j(y)$. On aura, quels que soient f et $g \in L^2$,

$$(\Phi f, g) = \int_a^b \int_a^b f(x)\, \overline{g(y)}\, \varphi(x, y)\, dx\, dy,$$

d'où il résulte que $\varphi(x, y)$ est définie positive.

Pour introduire l'opérateur Φ, multiplions les deux membres de (3) par $f(x)$, $\overline{g(y)}$ et intégrons par rapport à x et y. En posant

$$\Sigma_t f = \int_a^b K(x, \xi;\, t) f(x)\, dx,$$

on voit qu'on peut remplacer (3) par

(5) $$(\Phi f, g) = (\Phi \Sigma_t f, \Sigma_t g) \quad \text{quels que soient } f, g \text{ et } t$$

[A cause de (2) on a $\Sigma_t \Sigma_{t'} = \Sigma_{t'} \Sigma_t = \Sigma_{t+t'}\, \Sigma_0 = 1$].

Envisageons maintenant les cas suivants :

1° Les opérateurs Σ_t sont unitaires. En désignant par Σ_t^* l'adjoint de Σ_t on a $\Sigma_t^* = \Sigma_{-t}$ et (5) s'écrit $(\Phi f, g) = (\Sigma_{-t} \Phi \Sigma_t f, g)$ d'où $\Phi = \Sigma_{-t} \Phi \Sigma_t$, ou ce qui revient au même $\Sigma_t \Phi = \Phi \Sigma_t$.

Dans les conditions indiquées la famille d'unitaires Σ_t peut se représenter par $\Sigma_t = e^{it\varphi}$, où φ est un hermitien et pour que Φ permute avec les Σ_t, il faut et il suffit qu'il permute avec φ. Tout revient à construire un opérateur hermitien positif Φ permutable avec φ et tel que $\sum_i \sum_j |\lambda_{ij}|^2 < +\infty$ en posant $\lambda_{ij} = (\Phi h_i, h_j)$. Ce problème est toujours possible.

2° Les opérateurs Σ_t sont hermitiques. (5) s'écrit $\Phi = \Sigma_t \Phi \Sigma_t$, d'où l'on tire

$$\begin{matrix} \Phi^2 = \Phi(\Sigma_t \Phi \Sigma_t), & \Sigma_t \Phi^2 = \Sigma_t \Phi \Sigma_t \Phi \Sigma_t, & \\ \Phi^2 = (\Sigma_t \Phi \Sigma_t)\Phi, & \Phi^2 \Sigma_t = \Sigma_t \Phi \Sigma_t \Phi \Sigma_t, & \Sigma_t \Phi^2 = \Phi^2 \Sigma_t, \end{matrix}$$

Φ^2 permute avec les Σ_t et il en est de même de sa racine carrée hermitienne positive Φ. Tout revient donc à construire un hermitien positif Φ permutant avec les Σ_t satisfaisant à (4) et vérifiant $\Phi = \Phi \Sigma_t$, quel que soit t.

Pour obtenir des solutions non banales, il est en particulier nécessaire que 1 soit valeur propre pour tous les opérateurs Σ_t.

Remarque. — Les développements qui précèdent s'étendent au cas où l'intervalle al est remplacé par $-\infty +\infty$. La recherche porte alors sur des fonctions $\varphi(xy)$ définies positives et de carré sommable dans tout le plan. Il y a lieu de supposer aussi que l'opérateur Σ_t est défini partout dans L^2.

Dans le cas particulier où $K(x, \xi, t) = (1/\sqrt{2\pi t})\, e^{-(x-\xi)^2/2t}$, on est dans le second cas visé ci-dessus, et il est immédiat que la condition nécessaire qui vient d'être indiquée n'est pas remplie.

MÉCANIQUE. — *Étude de l'influence des temps de propagation sur la stabilité des servo-mécanismes régulateurs par la méthode de fusion des racines.* Note (*) de M. **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous utilisons la méthode de fusion des racines pour étudier l'influence des phénomènes de propagation sur la stabilité des servo-mécanismes régulateurs. Nous précisons les résultats dans le cas pratiquement important où l'installation peut être caractérisée par une seule constante de temps.

1. Nous supposerons que les variations imposées par le régulateur à la grandeur de réglage se répercutent sur l'écart de la grandeur réglée après une propagation sans déformation de décalage τ sensiblement constant. Dans ces conditions, le rapport de transmission de l'installation ([1]) reliant les variations relatives de ces deux grandeurs, se trouve multiplié par le facteur $e^{-p\tau}$ et le polynôme $f(v)$ ([1]) est remplacé par la fonction $f(p)e^{p\tau}$. Il est possible

(*) Séance du 3 avril 1950.

([1]) P.-L. Dubois-Violette, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1380.

d'approcher cette fonction par le polynôme

$$f(p)\left[1+\frac{p\tau}{1!}+\frac{(p\tau)^2}{2!}+\ldots+\frac{\tau^n p^n}{n!}\right],$$

avec toute la précision désirée en prenant n assez grand. La méthode décrite précédemment peut donc être appliquée à ce cas nouveau. Cette étude intéresse en particulier certains circuits de régulation dans lesquels le débit d'un fluide est pris comme grandeur de réglage : citons par exemple le contrôle automatique des concentrations, les réglages de température par circulation d'un fluide chaud ou froid.

D'autre part, il arrive fréquemment que le polynôme $f(p)$ relatif à de telles installations ait une forme très simple $(1/G_0)(Tp+1)$, où T désigne alors la constante de temps de l'installation considérée. La méthode de fusion des racines va alors nous permettre de préciser les limites d'utilisation des différentes classes de régulateurs.

2. Les deux polynômes $A(\omega)$ et $B(\omega)$ définis à partir de $(1/G_0)(Tp+1)e^{p\tau}$ s'écrivent

$$G_0 A(\omega)=\left(1+\frac{\tau^2\omega^2}{2!}+\ldots\right)-T\omega\left(\tau\omega-\frac{\tau^3\omega^3}{3!}+\ldots\right)\simeq\cos\tau\omega-T\omega\sin\tau\omega,$$

$$G_0 B(\omega)\equiv T\left(1-\frac{\tau^2\omega^2}{2!}+\ldots\right)+\left(1-\frac{\tau^3\omega^2}{3!}+\ldots\right)\simeq T\left[\cos\tau\omega+\frac{1}{T\omega}\sin\tau\omega\right]$$

ou

$$G_0 A(x)\simeq\cos x-\lambda x\sin x \qquad \text{et} \qquad G_0 B(x)\simeq T\left(\cos x+\frac{1}{\lambda x}\sin x\right),$$

car il est commode d'utiliser pour la discussion, les variables $\tau\omega=x$ et $\lambda=T/\tau$.

a. En l'absence de réglage, on vérifie sans peine l'entrelacement des racines de $A(x)$ et $B(x)$ dont la disposition permet de montrer la stabilité de l'installation.

b. Réglage proportionnel. — Désignons par r_0 la valeur du taux de régulation qui provoque l'apparition d'oscillations entretenues; on trouve facilement la valeur de r_0 en appliquant la méthode que j'ai proposée dans une Note précédente (¹) : c'est $(1/G_0)\sqrt{1+\lambda^2 x_0^2}$, où x_0 est la plus petite racine de $B(x)$; cette racine x_0 passant de π à $\pi/2$ quand λ croît de zéro à l'infini, les oscillations qui apparaissent lorsque $r=r_0$ ont donc une période comprise entre 2τ et 4τ.

L'expression de r_0 montre que le réglage proportionnel seul, ne fournit de résultat appréciable que lorsque λ est grand devant l'unité, c'est-à-dire lorsque la durée de la propagation est nettement inférieure à la constante de temps de l'installation.

c. Réglage dérivé. — La disposition des courbes $y=A(x)$ et $y=B(x)$ permet d'établir qu'un réglage par action dérivée négative $(h>0)$ ajouté à

l'action proportionnelle favorise la stabilité sans toutefois modifier de façon importante la limite d'accrochage.

d. Réglage intégral. — Discutons l'efficacité du réglage par action intégrale dans les deux cas limites $\lambda \ll 1$ et $\lambda \gg 1$.

1° $\lambda \ll 1$. — L'action intégrale se traduit, on le sait [2], par l'introduction d'un terme en k/p dans $R(p)$, pour lequel nous emploierons la notation commode $k = \alpha/G_0 T$. Étudions l'entrelacement des racines de $y = G_0 A(x)$ avec les projections sur Ox des points d'intersection des courbes $y = G_0 B(x)/T$ et $y = \alpha/\lambda^2 x^2$. Si le réglage proportionnel est complètement absent ($r = O$), α doit rester inférieur à $1,5\lambda$ environ, et la constante de temps $1/kG_0 = T/\alpha$ caractérisant la rapidité de l'action régulatrice doit être prise supérieure à $2\tau/3$ secondes.

Par contre, si l'on maintient une action proportionnelle et si l'on ajuste au mieux son taux r, soit ici au voisinage de 0,5, il est possible de repousser la limite de α jusqu'à 2λ environ et par conséquent, de réduire la constante de temps du réglage intégral à $\tau/2$ secondes environ, gagnant ainsi 30 % dans sa rapidité d'action. Ce résultat confirme une observation générale indiquée dans une Note précédente (a, 1°).

Le réglage ainsi obtenu ne peut être acceptable que si les perturbations sont lentement variables en regard de τ. S'il existe des paramètres dont les variations sont à la fois rapides et fortement ressenties par la grandeur réglée, il est indispensable de les stabiliser individuellement; la théorie confirme sur ce point l'expérience empirique.

2° $\lambda \gg 1$. — Le réglage proportionnel seul serait alors efficace, en l'absence de toute autre action régulatrice, puisque l'accrochage ne s'introduit que pour $r_0 \simeq 1,6\lambda$ environ. Cette limite peut d'abord être repoussée de 25 % environ par l'adjonction d'une correction dérivée *optimum* [1] correspondant à la valeur $h_1 = 0,5\,T$ secondes, mais il est plus avantageux, ici encore, de limiter l'action proportionnelle à $r_0/3$ environ, et de lui superposer une action intégrale dont la constante de temps peut être abaissée, dans ces conditions à $1,8\tau/\lambda$ secondes; enfin, un ultime correctif peut être trouvé par l'adjonction d'une action dérivée de taux $h \simeq 0,5\,T$. On remarquera que la correction intégrale peut dans ce cas être poussée très loin.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur certains systèmes non holonomes.* Note de M. HENRI PAILLOUX, présentée par M. Jean Chazy.

En Mécanique rationnelle on considère souvent des systèmes matériels *linéairement non holonomes*. La position de tout point du système s'exprime

---

([2]) P.-L. DUBOIS-VIOLETTE, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1448.

a priori à l'aide de n paramètres q_k et du temps t; mais ces n paramètres ne sont pas indépendants, ils sont reliés par m conditions dites non holonomes, et qui sont linéaires par rapport aux dérivées q'_k. Nous considérons ici le cas où *les relations non holonomes*, soient

$$(1) \qquad \varphi_h(q_k, q'_k, t) = 0 \qquad (h = 1, 2, \ldots m):$$

ne sont pas linéaires par rapport aux dérivées q'_k. Les liaisons sont supposées *parfaites* [1] : tout déplacement virtuel où elles sont vérifiées n'introduit aucun travail de liaison.

Nous partons du principe d'Hamilton

$$(2) \qquad \int_{t_0}^{t_1} (\delta\mathcal{T} + \delta T)\, dt = 0,$$

$\delta\mathcal{T}$ désigne le travail des forces dans le déplacement virtuel correspondant aux variations δ, δT est la variation de force vive quand on passe de la trajectoire réelle du système matériel à une trajectoire variée, qui aux deux instants fixes t_0 et t_1 a les mêmes extrémités.

Si l'une des relations (1) est linéaire par rapport aux dérivées q'_k, on peut en déduire par application du principe du travail virtuel une relation entre les variations δq_k, soient

$$a_1 q'_1 + \ldots + a_n q'_n + b = 0 \qquad \text{et} \qquad a_1 \delta q_1 + \ldots + a_n \delta q_n = 0;$$

puis selon la méthode classique de formation des équations de Lagrange, on multiplie cette relation par une fonction indéterminée λ, on intègre la relation obtenue entre t_0 et t_1, et l'on ajoute le résultat à la relation (2). Un tel procédé n'est plus applicable si toutes les relations (1) ne sont pas linéaires par rapport aux dérivées q'_k.

Dans ce cas, différentions les m relations (1) à temps constant

$$\sum_k \left(\frac{\partial \varphi_h}{\partial q_k} \delta q_k + \frac{\partial \varphi_h}{\partial q'_k} \delta q'_k \right) = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots m);$$

multiplions la relation obtenue par la fonction indéterminée λ_h, et intégrons le produit entre les instants t_0 et t_1, comme dans l'intégrale d'Hamilton. Effectuant une intégration par parties, où la partie intégrée est nulle parce que les variations δq_k sont nulles aux instants t_0 et t_1, formons m relations qui, ajoutées à la transformation classique de l'intégrale d'Hamilton, donnent la

---

(1) Cf. *Mémorial des Sc. Math.*, I, p. 39 : Appell considère une telle liaison, où le travail virtuel de la force de liaison est nul dans le déplacement réel, *mais différent de zéro dans un déplacement virtuel compatible avec la liaison*; cette liaison n'est donc pas *parfaite* au sens indiqué ici.

relation

$$(3)\qquad \int_{t_0}^{t_1}\sum\left[\frac{\partial T}{\partial q_k}-\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial q'_k}\right)+Q_k+\lambda_h\frac{\partial \varphi_h}{\partial q_k}-\frac{d}{dt}\left(\lambda_h\frac{\partial \varphi_h}{\partial q'_k}\right)\right]\delta q_k\,dt=0,$$

où la somme est étendue à toutes les valeurs de k et de h.

Comme il existe $n-m$ paramètres q_k indépendants, soient $q_{m+1}, \ldots, q_n$, nous déterminons les m fonctions λ_h en posant les m relations

$$(4)\qquad \frac{\partial T}{\partial q_k}-\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial q'_k}+Q_k+\sum_h\left[\lambda_h\frac{\partial \varphi_h}{\partial q_k}-\frac{d}{dt}\left(\lambda_h\frac{\partial \varphi_h}{\partial q'_k}\right)\right]=0\qquad (k=1, 2, \ldots, m).$$

Nous appliquons ensuite le raisonnement habituel; les variations $\delta q_{m+1}, \ldots, \delta q_n$ sont indépendantes, donc leurs coefficients dans l'intégrale (3) sont identiquement nuls, ce qui donne $n-m$ autres relations de la forme (4) : d'où, au total, n relations que plus rien ne distingue l'une de l'autre, et qui avec les m relations (1) déterminent les n paramètres q_k et les m multiplicateurs λ_h.

La méthode s'étend aux relations non holonomes où interviennent les dérivées secondes, de la forme

$$(5)\qquad \varphi(q_k, q'_k, q''_k, t)=0.$$

Si une telle relation est linéaire par rapport aux dérivées secondes :

$$a_1 q''_1+\ldots+a_n q''_n+b=0,$$

où les a et b sont des fonctions des q_k, q'_k et de t, on déduit la relation

$$a_1\delta q'_1+\ldots+a_n\delta q'_n=0,$$

qu'on multiplie par une fonction indéterminée, et comme précédemment on intègre le résultat obtenu par rapport au temps.

Si les dérivées secondes ne figurent pas linéairement dans toutes les relations (5), nous avons à temps constant la relation

$$\sum_k\left(\frac{\partial\varphi}{\partial q_k}\delta q_k+\frac{\partial\varphi}{\partial q'_k}\delta q'_k+\frac{\partial\varphi}{\partial q''_k}\delta q''_k\right)=0.$$

Comme plus haut nous multiplions cette relation par une fonction indéterminée λ, et nous intégrons le produit entre les instants t_0 et t_1. Par deux intégrations par parties successives, et avec les hypothèses convenables, nous constatons qu'il suffit d'ajouter dans les équations de Lagrange, aux fonctions Q_k, pour chaque relation (5), non plus les deux termes des équations (4), mais trois termes

$$\lambda\frac{\partial\varphi}{\partial q_k}-\frac{d}{dt}\left(\lambda\frac{\partial\varphi}{\partial q'_k}\right)+\frac{d^2}{dt^2}\left(\lambda\frac{\partial\varphi}{\partial q''_k}\right),$$

dont la forme est bien connue en calcul des variations.

Si les relations non holonomes considérées sont des deux sortes, linéaires ou non par rapport aux dérivées premières ou secondes, on les traite séparément, en appliquant, selon le cas, l'une ou l'autre des méthodes précédentes.

HYDRAULIQUE. — *Études expérimentales sur la houle. Nouveau procédé de génération.* Note de MM. **Jean Larras** et **Jean Laurent**, présentée par M. Henri Villat.

Description d'un nouveau système de génération de la houle artificielle en laboratoire, qui permet d'obtenir des houles absolument pures, et d'éviter la réflexion, sur le générateur, d'ondes ayant subi une première réflexion sur des obstacles réfléchissants. Résumé des premiers résultats obtenus, grâce à l'emploi de cet appareil, dans les recherches systématiques poursuivies sur les propriétés de la houle, et ses lois de similitude.

Les propriétés de la houle ont donné lieu à de nombreuses études théoriques qui ont abouti à diverses formules comportant toutes une certaine part d'approximation.

Il nous a paru nécessaire de confronter, avec les phénomènes eux-mêmes, les résultats obtenus en appliquant ces diverses formules. A cet effet, nous avons réalisé, au Laboratoire Central d'Hydraulique, un canal expérimental auquel nous avons donné des dimensions suffisantes pour réduire l'importance des extrapolations, et permettre des mesures d'une haute précision, en éliminant pratiquement toutes les causes d'erreurs pouvant résulter de phénomènes parasites.

Ce canal a 64^{m} de longueur, 1^{m} de largeur et $1^{m},20$ de profondeur. L'une de ses parois latérales est constituée par des glaces transparentes régnant sur toute sa longueur.

Des dispositions ont été prises pour donner au fond du canal la pente que l'on désire.

Un chariot électrique peut se déplacer le long du canal, soit au-dessus de celui-ci, soit devant sa face vitrée, dans le but de photographier ou de cinématographier les phénomènes. La vitesse du chariot peut être réglée de façon à suivre une lame pendant son déplacement.

Le principal problème à résoudre portait sur la réalisation du générateur de houle. Il était, en effet, essentiel, d'une part, de produire une houle aussi pure que possible et, d'autre part, d'éviter la réflexion sur l'appareil générateur, des ondes ayant subi une première réflexion sur des obstacles réfléchissants.

Cette nécessité avait d'ailleurs fait l'objet des préoccupations de certains chercheurs, qui avaient proposé diverses solutions, dont aucune ne s'est avérée pleinement satisfaisante.

Nous avons été amenés à réaliser un générateur de houle à éléments souples, sans pouvoir réfléchissant. L'appareil, actuellement construit, constitue un

ensemble complexe comportant un volet disposé à l'une des extrémités du canal, associé à des éléments souples suspendus verticalement en travers du canal.

Le volet est animé, au moyen d'une bielle commandée par un excentrique à excentrement réglable, d'un mouvement de va-et-vient correspondant à une oscillation sinusoïdale autour d'un axe vertical virtuel.

Le réglage de l'excentrement, et de la vitesse de rotation permet d'obtenir des houles d'amplitude et de période voulues

Entre la bielle de commande et le volet est iutercalé un mécanisme dont la conception cinématique est telle que l'on peut régler à volonté la position de l'axe virtuel d'oscillation, depuis l'infini au-dessous du fond du canal (dans ces conditions, le mouvement du volet se réduit à une translation alternative), jusqu'à une certaine hauteur au-dessus de ce fond. Lorsque l'axe virtuel coïncide avec le fond, on obtient un mouvement oscillant classique.

En réglant convenablement la hauteur de l'axe virtuel, l'amplitude d'oscillation du volet correspond, très approximativement, pour toutes les profondeurs, à la longueur de l'axe horizontal des orbites de la houle. On produit donc ainsi une houle aussi voisine qu'il est possible de la houle théorique de Airy.

Le mouvement imprimé à l'eau par ce volet provoque une mise en mouvement des éléments souples consécutifs, de telle sorte qu'il joue le rôle d'un excitateur de mouvement, celui-ci se transmettant aux éléments suivants, dont le dernier se comporte, en fait, comme le véritable générateur. Remarquons, en passant, que les différentes tranches d'eau délimitées par deux éléments souples consécutifs présentent des déphasages successifs.

Ce sont ces éléments souples qui étouffent les ondes réfléchies sur un obstacle disposé dans le canal, en les empêchant de se réfléchir à nouveau.

Les différentes caractéristiques de cet ensemble d'éléments doivent être adaptées aux propriétés de la houle à produire.

L'appareil est maintenant tout à fait au point. Son efficacité est attestée par le fait qu'il permet d'obtenir, lorsque l'on dispose en travers du canal une paroi verticale, parfaitement réfléchissante, *un clapotis pur et très cambré qui se conserve indéfiniment.*

Ce résultat nous paraît n'avoir jamais encore été atteint.

Notre générateur permet d'étudier les conditions de déferlement de la houle en fonction des nombreux paramètres dont il dépend : pente et rugosité du fond, viscosité du liquide, profondeur d'eau, longueur d'onde, cambrure de la houle, etc..

Parmi les résultats, déjà obtenus au cours de nos essais, et dont les détails seront publiés ultérieurement, figurent notamment ceux relatifs à des déferlements sur une pente de un degré.

Pour différentes valeurs de la cambrure, nous avons tracé les courbes représentant la variation de la profondeur de déferlement (profondeur d'eau au repos à l'endroit où se produit le déferlement), en fonction de l'amplitude de la houle au large. Ces courbes, quelle que soit la cambrure de la houle, sont des droites passant par l'origine.

Le rapport entre la profondeur de déferlement et l'amplitude de la houle au large est donc constant, pour une cambrure déterminée. Ne variant qu'avec la cambrure (grandeur relative), il est indépendant de l'échelle. Ceci permet de conclure que les lois de similitude géométrique sont vérifiées en ce qui concerne la profondeur de déferlement.

Notre système de génération de la houle peut être aussi très avantageusement utilisé dans toutes les maquettes d'études portuaires comportant la représentation de la houle.

NAVIGATION ASTRONOMIQUE. — *Le point astronomique simplifié dans les régions polaires.* Note (*) de M. **Pierre Hugon**, présentée par M. Donatien Cot.

La présente Note traite d'un nouveau procédé permettant d'obtenir par lecture directe les éléments nécessaires au tracé de la droite de hauteur dans les régions polaires de faible colatitude, par le moyen d'un nombre réduit de tableaux à trois arguments, dont l'un est cette colatitude auxiliaire, l'autre la différence arrondie entre la hauteur vraie de l'astre et sa déclinaison et le troisième la hauteur arrondie de l'astre.

Les exigences d'une actualité récente ont orienté l'attention des navigateurs aériens vers les régions polaires pour des fins à la fois, commerciales, scientifiques et stratégiques. Ainsi, le navigateur aérien effectuant de longs parcours au-dessus des régions de haute latitude, réduit le plus souvent à la seule ressource d'une localisation astronomique, recherche, en raison des dures conditions matérielles et humaines rencontrées, un moyen simple et rapide d'exploiter une observation d'astre, déjà obtenue à grands efforts.

La solution présentée ci-dessous consiste à lui fournir, dans une région s'étendant à moins de 10° du pôle, une lecture directe de l'angle au pôle $\mathrm{AHao} - \mathrm{G} = g$ compté de 0 à 180° dans l'Est ou dans l'Ouest et de l'azimut Z, dans un carton à trois arguments, colatitude auxiliaire c, hauteur arrondie de l'astre H et enfin différence $\varepsilon = \mathrm{H} - \mathrm{D}$, D étant la déclinaison de l'astre, tous ces éléments étant arrondis au degré.

Les lectures g et Z sont obtenues par la résolution des analogies de Neper sur la sphère. Posant

$$(1) \qquad \operatorname{tg}\frac{c}{2}\operatorname{tg}\left(\mathrm{H} - \frac{\varepsilon}{2}\right) = \operatorname{tg}\mathrm{A}, \qquad (2) \qquad \operatorname{cotg}\frac{c}{2}\operatorname{tg}\frac{\varepsilon}{2} = \operatorname{tg}\mathrm{B}.$$

(*) Séance du 12 avril 1950.

On obtient

$$(3)\qquad \operatorname{tg}(45-\mathrm{A})\operatorname{tg}(45-\mathrm{B})=\operatorname{tg}^2\frac{g}{2},\qquad (4)\quad \frac{\operatorname{tg}(45-\mathrm{A})}{\operatorname{tg}(45-\mathrm{B})}\operatorname{tg}^2=\frac{\mathrm{Z}}{2}.$$

Équation du cercle de hauteur sur la sphère. — Les éléments ε et H déterminent complètement le cercle de hauteur de l'observateur. En effet, si α est le fuseau qui contient le cercle et c_1 la colatitude du parallèle de contact. On a (*fig.* 1)

$$(5)\qquad \frac{\operatorname{tg}\frac{\varepsilon}{2}}{\operatorname{tg}\left(\mathrm{H}-\frac{\varepsilon}{2}\right)}=\operatorname{tg}^2\frac{c_1}{2},\qquad (6)\quad \operatorname{tg}\frac{\varepsilon}{2}\operatorname{tg}\left(\mathrm{H}-\frac{\varepsilon}{2}\right)=\operatorname{tg}^2\left(45-\frac{\alpha}{2}\right).$$

L'équation du cercle de hauteur s'écrit

$$(7)\qquad \frac{\operatorname{tg}^2\frac{c_1}{2}}{\operatorname{tg}^2\frac{c}{2}}-\frac{2\operatorname{tg}\frac{c_1}{2}}{\operatorname{tg}\frac{c}{2}}\frac{\cos g}{\cos\alpha}+1=0.$$

Posant $[\operatorname{tg}(c_1/2)]/[\operatorname{tg}(c/2)]=\operatorname{tg}[45-(y_1/2)]$, on obtient la forme la plus simple de l'équation du cercle de hauteur sur la sphère

$$(8)\qquad \cos y_1=\frac{\cos\alpha}{\cos g}.$$

Sur la projection stéréographique polaire réputée comme la plus appropriée

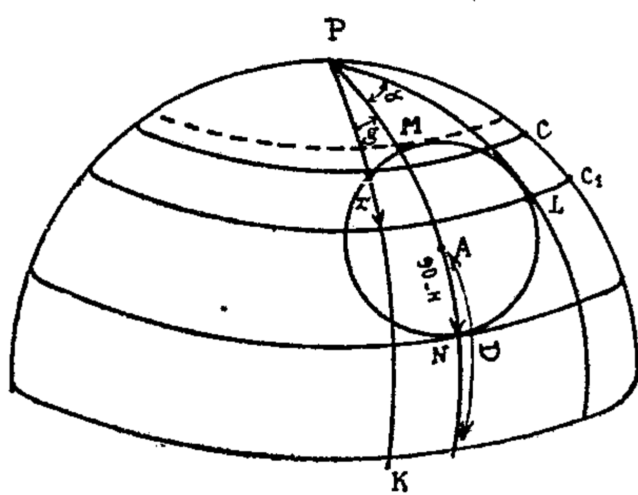


Fig. 1.

colatitude : 10°

ε = H-D / H	1°		2°		....	10°	
	g	z	g	z		g	z
10	83°26,4	94°53,4	77°43	100°43',8	....	0	180
20	82°30,6	93°57',4	76°43',8	99°48',6	....	0	180
30	81°27',6	93°53',8	75°47',0	98°46',4	....	0	180

Fig. 2.

à la navigation polaire, les rayons vecteurs du pôle ont même mesure que $2\operatorname{tg}(c/2)=\rho$. On voit de suite que si ρ' et ρ'' sont les racines en ρ de l'équation (7)

$$\rho_1^2=\rho'\times\rho''\qquad\text{et}\qquad \operatorname{tg}\left(45-\frac{y_1}{2}\right)=\frac{\rho_1}{\rho}.$$

Sur le canevas de Mercator peu indiqué près du pôle, les relations générales déduites de l'équation (7) sont cependant intéressantes : $\lambda y_1 = \lambda c - \lambda c_1$ avec λ = latitude croissante et $\lambda y_1 = \mathrm{L}\,\mathrm{tg}[45 + (y_1/2)]$.

Sur tous les cercles de hauteur inscrits dans le même fuseau, le long d'un méridien de longitude g, on a : $\lambda y_1 = \text{const.}$

Exploitation et forme des tables. — Les valeurs de g et Z lues dans les tableaux conduisent au tracé de la droite de hauteur à partir d'un point auxiliaire de colatitude c voisine de l'estime, en prenant comme intercept le résidu en minutes inférieur à 30 de la différence entre la hauteur réelle H_v résultant de l'observation et la différence $\varepsilon = H - D$ arrondie au degré. Près du pôle, c et ε sont de petits angles limités à 10°, ε est connu par la différence H — D arrondie, c'est-à-dire par le sextant et l'almanach (*fig.* 2).

Les Tables sont composées en principe de 10 tableaux relatifs à 1° de colatitude chacun, mais à moins de 5° du pôle ils peuvent être groupés sur une seule page. L'argument vertical est la différence $\varepsilon = H - D$ exprimée en degrés ronds et limitée à la valeur de c, soit 10 colonnes à la latitude de 80°. L'argument horizontal est la hauteur approchée H en degrés ronds présentée avec de très larges intervalles en raison de la faible influence de H qui ne joue que sur les termes du 2ᵉ ordre en g.

En résumé, il n'y a pas d'interpolation pour l'argument $H - D = \varepsilon$, l'intercept égal au résidu $H_v - (H - D)$, en tenant lieu et pour une navigation aérienne courante on apprécie à vue immédiatement les faibles écarts sur g résultant d'un écart sur H.

Cercles de hauteur de 2ᵉ espèce. — Les Tableaux ne correspondent qu'à des différences H — D positives, c'est-à-dire à des cercles de hauteur dits de *première espèce* qui ne contiennent pas le pôle. On sait que dans le cas où $D > H$, le pôle est à l'intérieur du cercle de hauteur et qu'il y a équivalence complète des éléments à condition de permuter les éléments g et Z. C'est ce que l'on fera entre les colonnes des tableaux.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les mélanges de champs mésiques.*

Note (*) de M. **Claude Marty**, présentée par M. Frédéric Joliot.

1. Il est bien connu qu'à l'approximation statique aucun des quatre types de champs mésiques (scalaire, vectoriel et leurs duals) utilisé couramment ne peut rendre compte des états stationnaires du deuteron. Møller et Rosenfeld [1] ont alors montré que l'on obtenait une théorie plus satisfaisante en employant un mélange de champs pseudoscalaire et vectoriel symétriques.

(*) Séance du 12 avril 1950.

[1] C. Møller et L. Rosenfeld, *Det. Kgl. Vid. Selsk.*, 17, 1940, n° 8.

Toutefois il a été mis en évidence par la suite ([2]) que les effets relativistes réintroduisent dans le cas du champ vectoriel des singularités inadmissibles en $1/r^3$. Pour le champ pseudoscalaire rien d'analogue ne se produit si bien que la théorie symétrique de Møller et Rosenfeld ne peut être tenue pour valide, même au premier ordre des vitesses.

La question reste donc ouverte de savoir s'il existe un mélange de champs mésiques qui puisse rendre compte des propriétés fondamentales du deuteron.

Dans ce qui suit on envisage le problème à l'approximation de Born, en négligeant tout phénomène de réaction du champ.

2. Pour une variance et un spin donnés, on pourra construire deux théories neutres, une chargée et une symétrique, soit au total 16 champs différents. Ces seize théories ne peuvent être arbitrairement combinées entre elles. On exclura *a priori* les mélanges de champs neutres qui ne rendent pas compte de l'existence de mésons π positifs ou négatifs, ou de champs chargés qui donnent des interactions trop fortement dissymétriques entre neutron-proton (N-P) ou proton-proton (P-P). De plus on ne peut adjoindre comme nous l'avons vu, un champ pseudoscalaire à un champ vectoriel. On s'est alors limité aux combinaisons de champs de spin *o* entre eux, deux à deux.

Les mélanges utilisés ont été testés suivant une méthode déjà indiquée ([3]), par comparaison des sections efficaces de diffusion nucléon-nucléon auxquelles ils conduisent, avec les résultats expérimentaux de chocs N-P à 90 MeV.

On calculera les valeurs des rapports $dS(\pi)/dS(0)$ et $dS(\pi)/dS(\pi/2)$ que l'on comparera aux résultats expérimentaux ([4])

$$(1) \qquad \frac{dS(\pi)}{dS(0)} = 1,1 \qquad \frac{dS(\pi)}{dS\left(\frac{\pi}{2}\right)} = 3,6.$$

Ces valeurs numériques ne sont d'ailleurs pas critiques et peuvent varier notablement sans changer les conclusions qui suivent.

3. On superposera alors à un champ chargé ou symétrique de mésons de masse 286, un champ neutre dont on essayera d'ajuster les caractéristiques pour retrouver les valeurs (1).

Les résultats sont les suivants : il n'existe aucun mélange de champ de spin *o* et du type ci-dessus qui puisse rendre compte de (1). Cette conclusion, déjà connue pour les théories pseudo-scalaires ([3]), est vraie également dans le cas scalaire-scalaire et scalaire-pseudoscalaire, à la condition qu'on regarde

---

([2]) L. VAN HOVE, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1519; C. MARTY, *Nature*, 165, 1950, p. 361.

([3]) C. MARTY et J. PRENTKI, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 54.

([4]) J. HADLEY, E. KELLY, C. LEITH, E. SEGRÉ, C. WIEGAND et H. YORK, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 351; M. BRUECKNER, W. HARTSOUGH, E. HAYWARD et W. M. POWELL, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 555.

la différence de masse ΔM entre proton et neutron comme rigoureusement nulle ([5])

4. Dans le cas du champ scalaire, si $\Delta M \neq 0$, on trouve que l'élément de matrice de transition d'un nucléon, d'un état décrit par le spineur $\varphi(a)$, à un état $\varphi(b)$ est du type

$$\bar{\varphi}(b)\left\{f_1\tau \pm i f_2 \frac{\Delta M}{\varkappa}(\tau_3\tau - \tau\tau_3)\right\}\varphi(a) \tag{2}$$

où f_1 et f_2 sont les coefficients de couplage entre mésons de masse $\varkappa$ et nucléons, τ les matrices habituelles de spin isotopique. On voit que (2) n'est pas le même suivant que l'on a affaire à une transition P — P ou N — P. En regardant alors le terme $f_2\Delta M/\varkappa$ comme apportant une petite perturbation aux interactions en f_1, on peut espérer expliquer ainsi les légères différences entre les potentiels d'interaction N — P et P — P ([6]). On a donc essayé si une théorie scalaire symétrique avec $\Delta M \neq 0$ permet de retrouver les couples de valeurs (2). Le résultat est négatif.

5. Au total, on voit donc que les phénomènes de collision fournissent à eux seuls une méthode rapide pour contrôler la valeur pratique des théories mésiques. Appliqués au cas de combinaisons de champs de spin *o*, couplés deux à deux, ils permettent, à l'approximation de Born, de rejeter tout mélange de champs chargés ou symétriques dont le méson associé a une masse 286 et de champs neutres à caractéristiques arbitraires.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La théorie de la radioactivité β utilisant une combinaison linéaire des invariants relativistes pour l'Hamiltonien d'interaction.* Note (*) de MM. **Sybren R. de Groot** et **Hendrik A. Tolhoek**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La théorie de la radioactivité β est développée pour un Hamiltonien contenant une combinaison linéaire des cinq invariants relativistes. Le rapport avec l'expérience est discuté. On montre qu'on supprime les termes en 1/E (où E est l'énergie de l'électron), quand on admet le principe que l'émission β^+ et β^- sont complètement symétriques.

La théorie de la radioactivité β peut être développée à l'aide de chacun des cinq invariants relativistes de la théorie de Dirac pour l'Hamiltonien d'interaction entre les nucléons et les leptons. Cependant les combinaisons linéaires de ces invariants satisfont aussi à la condition d'invariance relativiste. Nous

---

([5]) M. Jean et J. Prentki, *Journ. de Phys. et le Rad.*, 11, 1950, p. 33.

([6]) L. Rosenfeld, *Nuclear Forces*, p. 158.

(*) Séance du 12 avril 1950.

prenons comme point de départ pour l'énergie d'interaction

$$(1) \qquad H_\beta = G\sum_{k=1}^{5} C_k J_k.$$

G constante de Fermi, J_k les cinq invariants de Dirac; les C_k donnent la contribution de chaque invariant au mélange; leurs valeurs sont restreintes par une condition de normalisation, par exemple $\sum_{k=1}^{5} C_k^2 = 1$.

On trouve alors pour les probabilités d'émission β^+ et β^-, toutes les grandeurs étant exprimées en unités relativistes ($m=1$, $c=1$, $\hbar=1$); avec les notations habituelles

$$(2) \qquad P_\pm(E) = \frac{G^2}{2\pi^3} pEq^2 \Big[(C_1^2+C_2^2)\Big|\int 1\Big|^2 + (C_3^2+C_4^2)\Big|\int \vec{\sigma}\Big|^2 + C_5^2\Big|\int \beta\gamma_5\Big|^2 \pm \frac{2}{E}\Big(C_1C_2\Big|\int 1\Big|^2 + C_3C_4\Big|\int\vec{\sigma}\Big|^2\Big)\Big]$$

si l'on néglige l'influence de la charge nucléaire Z et

$$(3) \qquad P_\pm(E) = \frac{G^2}{2\pi^3} pEq^2 F(Z, E) \Big[(C_1^2+C_2^2)\Big|\int 1\Big|^2 + (C_3^2+C_4^2)\Big|\int \vec{\sigma}\Big|^2 + C_5^2\Big|\int \beta\gamma_5\Big|^2 \pm \frac{2}{E}\Big(C_1C_2\Big|\int 1\Big|^2 + C_3C_4\Big|\int\vec{\sigma}\Big|^2\Big)\gamma\Big],$$

si l'on tient compte de cette influence [E et p sont l'énergie et la quantité de mouvement de l'électron, q la quantité de mouvement pour le neutrino; F(Z, E) la fonction de *Fermi;* $\gamma = \sqrt{1-\alpha^2 Z^2}$].

La formule qui donne la corrélation angulaire entre électron et neutrino est, si l'on néglige l'influence de Z :

$$(4) \qquad P_\pm(E, \vec{p}, \vec{q}) = \frac{G^2}{(2\pi)^5} pEq^2 \times \Big\{ (C_1^2+C_2^2)\Big|\int 1\Big|^2 + (C_3^2+C_4^2)\Big|\int \vec{\sigma}\Big|^2 + C_5^2\Big|\int \beta\gamma_5\Big|^2 \pm \frac{2}{E}\Big(C_1C_2\Big|\int 1\Big|^2 + C_3C_4\Big|\int\vec{\sigma}\Big|^2\Big) - \frac{\vec{q}\cdot\vec{p}}{qE}\Big[(C_1^2-C_2^2)\Big|\int 1\Big|^2 - \frac{1}{3}(C_3^2-C_4^2)\Big|\int\vec{\sigma}\Big|^2 + C_5^2\Big|\int\beta\gamma_5\Big|^2\Big]\Big\}.$$

Si l'on pose $\beta = p/E = v/C$ et si ϑ est l'angle entre $\vec{q}$ et $\vec{p}$ la loi pour la corrélation angulaire devient selon (4)

$$(5) \qquad 1 + A\beta\cos\vartheta + \frac{B}{E}$$

(A et B sont des constantes; $|A| \leq 1$).

Les conclusions suivantes sur les C_k peuvent être déduites des données expérimentales.

a. On n'a jamais observé pour les spectres β une forme qui corresponde à un terme supplémentaire avec $1/E$; il faut donc poser $C_1 C_2 = 0$ et $C_3 C_4 = 0$ [donc $B = 0$ dans (5)].

b. Il est pratiquement sûr qu'il faut supposer des règles de sélection de *Gamow-Teller*; il en résulte que $C_3^2 + C_4^2 > 0$ et que $C_3^2 + C_4^2$ est au moins du même ordre que $C_1^2 + C_2^2$ (mais il est possible que $C_1^2 + C_2^2 = 0$).

c. On n'a pas encore mesuré A avec quelque précision pour une transition permise. Des expériences de Allen et al. on ne peut que conclure avec quelque certitude que $-1 \leq A < 0,5$ pour ^{6}He. Parce que $\Delta J = 1$ pour ^{6}He il faut s'attendre à ce que $A = (1/3)$ ou $-(1/3)$ pour ^{6}He, parce que $C_3 C_4 = 0$ selon *a* et $\left|\int 1\right|^2 = 0$ pour ^{6}He($\Delta J = 1$). Si l'on mesurait une de ces valeurs ceci n'impliquerait donc pas qu'on n'aurait pas une combinaison des invariants; il faudrait mesurer aussi une transition avec $\Delta J = 0$ à cet effet par exemple ^{19}Ne; si l'on mesurait A pour ces deux cas on pourrait conclure si l'on a affaire à une combinaison linéaire ou à un invariant pur et dans le premier cas en quels invariants consiste cette combinaison linéaire; par exemple si l'on mesurait $A = -(1/3)$ pour ^{6}He et $A < -(1/3)$ pour ^{19}Ne, il en résulterait que l'Hamiltonien d'interaction est une combinaison de S et A (S = scalaire, A = vecteur axial).

d. Si l'on peut déterminer les valeurs ft pour le groupe OA de Konopinski avec précision et si l'on peut estimer aussi d'une façon assez exacte les valeurs des éléments de matrices nucléaires de la théorie des noyaux, on aura une nouvelle confirmation de la théorie de la radioactivité β et l'on pourra alors déterminer la valeur de $(C_3^2 + C_4^2)/(C_1^2 + C_2^2)$.

Sur un nouveau principe de symétrie. — Aujourd'hui on n'accepte plus les théories mésoniques de la radioactivité β. Il serait intéressant d'examiner si l'on pourrait donner d'autres principes qui restreignent les possibilités de combinaison linéaire générale. Nous avons considéré les conséquences de la condition que l'émission β^+ et β^- soient des processus complètement symétriques (si on laisse de côté l'influence des charges électriques.)

De ce principe il résulte que seulement deux types de combinaisons peuvent exister :

1° Combinaisons de S, A et P. 2° Combinaisons de V et T.

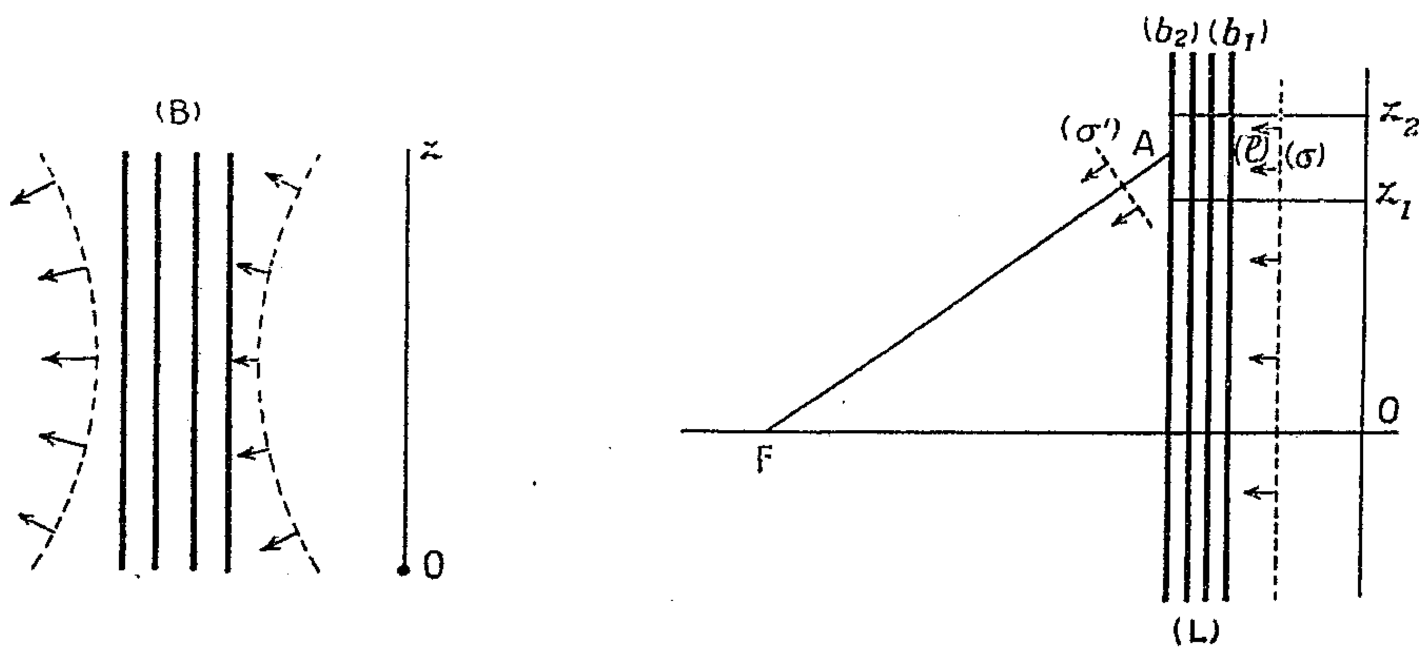
Alors il s'ensuit que $C_1 C_2 = 0$ et $C_3 C_4 = 0$, de sorte que la forme des spectres β ne comprend pas le terme en $1/E$, en accord avec l'expérience. Cependant ce principe de symétrie est plus restrictif que les conditions $C_1 C_2 = 0$ et $C_3 C_4 = 0$ et il sera intéressant d'examiner si cette symétrie existe en réalité. On pourrait tirer cette conclusion par exemple des expériences discutées sous *c*. [*Voir* notre article complet dans *Physica* (sous presse)].

PROPAGATION DES ONDES. — *Sur la focalisation d'une onde.* Note (*) de M. **Jean-Claude Simon**, présentée par M. Camille Gutton.

Il est possible de constituer des focalisateurs d'ondes électromagnétiques à l'aide d'un empilement de plaques percées de trous. L'analogie diélectrique permet de retrouver des phénomènes analogues à ceux de l'optique classique. Toutefois le milieu n'étant pas isotrope, c'est plutôt vers l'optique cristalline qu'on doit se tourner pour obtenir une analogie complète.

Considérons une plaque (b) percée de trous et son écran complémentaire (a) formé de disques. Nous avons exposé, Dans une précédente Note ([1]) l'analogie qui existe pour des ondes centimétriques entre des *structures* (A) ou (B), formées de plaques (a) ou (b) parallèles, et des milieux diélectriques d'indices supérieurs ou inférieurs à l'unité, pour des ondes lumineuses.

En faisant varier suivant la cote z (*fig.* 1) la dimension et l'espacement des



trous des plaques (b) d'une structure (B) par exemple, nous constituons un système qui transmet une onde incidente en la déphasant différemment suivant la cote z, donc transforme une onde sphérique en une autre onde sphérique de centre différent. Un tel système est équivalent à une lentille, ou mieux à une lame à faces parallèles, dont l'indice serait variable suivant la cote z. Le déphasage de l'onde incidente, contrairement aux lentilles classiques, est obtenu par variation d'indice à épaisseur constante, et non par variation d'épaisseur à indice constant. De telles lentilles ont été construites pour des ondes électromagnétiques de 8^cm de longueur d'onde. Un essai expérimental, fondé sur la variation d'indice en fonction de l'angle d'incidence, avait été présenté dans une précédente Note ([2]). Remarquons qu'à la différence des lentilles opti-

(*) Séance du 12 avril 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 521.

([2]) J. Ortusi et J.-C. Simon, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 521.

ques leur distance focale est proportionnelle à la longueur d'onde. De nombreux phénomènes les rapprochent néanmoins des lentilles optiques.

Par exemple, supposons que nous fassions tomber sur une telle lentille (L) une onde plane (Σ). Considérons la portion (l) de (L) située entre les cotes z_1 et z_2, elle transforme la portion d'onde plane (σ) comprise entre z_1 et z_2 en une portion d'onde plane (σ') normale à FA. (l) est ainsi équivalent à un prisme élémentaire. En réalité nous n'avons pas tenu compte de la variation du coefficient de transmission suivant l'angle d'incidence; les coefficients de transmission t_1 et t_2 des plaques extérieures (b_1) et (b_2) ne sont pas identiques. Or c'est un résultat connu de la théorie des filtres qu'il n'est pas possible d'obtenir une transmission égale à l'unité pour une suite d'obstacles équidistants dont les coefficients de transmission ne sont pas égaux. Pour rendre égaux t_1 et t_2 il suffit d'incliner également (l) sur les deux directions OF et AF. Le prisme élémentaire est alors au minimum de déviation. Nous retrouvons un résultat classique en optique géométrique : pour que l'aberration géométrique de caustique soit minima, il faut que les prismes élémentaires dont est constituée la lentille soient au minimum de déviation.

Bien que l'analogie entre une plaque (a) ou (b) et une plaque de diélectrique d'épaisseur $\lambda/4n$ (λ étant la longueur d'onde dans l'air, n l'indice) nous permette de prévoir des effets qu'on retrouve en optique classique, elle ne serre pas la réalité de très près. En effet les expressions des coefficients de réflexion et de transmission R et T d'une plaque diélectrique d'épaisseur l, en incidence normale, s'écrivent, rapportés au plan médian

$$(\mathrm{I})\qquad \left\{\begin{aligned} \frac{1}{\mathrm{T}} &= \left[\cos\frac{2\pi nl}{\lambda} + i\,\frac{1+n^2}{2n}\sin\frac{2\pi nl}{\lambda}\right] e^{-i\frac{2\pi l}{\lambda}},\\ \frac{1}{\mathrm{R}} &= \left[\frac{1+n^2}{1-n^2} - i\,\frac{2n}{1-n^2}\cot\!\mathrm{g}\,\frac{2\pi nl}{\lambda}\right] e^{-i\frac{2\pi l}{\lambda}}. \end{aligned}\right.$$

D'autre part on explique toutes les propriétés expérimentales d'une plaque (b) par exemple, en prenant pour expressions des coefficients de réflexion et de transmission r et t, celles qui caractérisent un obstacle mince

$$(\mathrm{II})\qquad \left\{\begin{aligned} t &= -\,i\sin u\, e^{iu},\\ r &= -\cos u\, e^{iu}. \end{aligned}\right.$$

Il n'est pas possible de rendre équivalentes les expressions (I) et (II) en module et en phase. Par contre les expressions (II) ne sont autres que celles données par M. Ch. Mauguin ([3]) pour les coefficients de réflexion et de transmission d'un plan chargé d'électrons. C'est donc vers l'optique cristalline que nous devons nous tourner pour trouver une analogie exacte; ce qui était à prévoir, des structures telles que (A) ou (B) n'étant évidemment pas isotropes.

([3]) *Journal de Physique*, série 7, 7, n° 6, 1936, p. 233.

OPTIQUE. — *Une expérience relative à la perturbation apportée à la propagation d'une onde lumineuse par la présence d'un bord d'écran métallique.* Note (*) de MM. **André Maréchal** et **Francis Naudin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les expressions rigoureuses du principe d'Huygens permettent de calculer le champ électromagnétique en un point situé à l'intérieur d'une surface fermée sur laquelle on connaît la répartition des champs électrique et magnétique. Pour calculer les phénomènes de diffraction, on envisage une surface composée du plan de l'écran et d'une sphère de rayon infini. Le calcul de l'amplitude vibratoire s'effectue alors en admettant que le champ électromagnétique est égal à celui de l'onde incidente dans l'ouverture du diaphragme, qu'il est nul le long des parties opaques de l'écran.

Cependant, il est certain que le bord de l'écran apporte une perturbation à la propagation de l'onde incidente, tout au moins lorsqu'on étudie les phénomènes localisés au voisinage de ce bord. Il est intéressant de savoir si l'on peut effectivement négliger l'influence de ces perturbations dans le calcul des phénomènes de diffraction en optique. M. P. M. Duffieux ([1]) a montré comment on pourrait éventuellement en tenir compte, et d'autre part, Sommerfeld ([2]) a donné l'expression rigoureuse du champ électromagnétique au voisinage d'un demi-plan métallique parfaitement réfléchissant et infiniment mince.

La vibration dans le plan de l'écran est représentée par un vecteur joignant le centre de symétrie des spirales de Cornu à un point variable sur l'une des branches lorsque le champ électrique est parallèle au bord de l'écran (cas P); elle est constante si le champ électrique est perpendiculaire au bord de l'écran (cas N). Les perturbations ne s'étendent donc au maximum que sur un espace de quelques longueurs d'onde à partir du bord de l'écran (cas P). Il nous a paru intéressant de rechercher expérimentalement si ces perturbations étaient effectivement peu étendues lorsque l'écran n'est plus infiniment mince ni parfaitement réfléchissant (lame de rasoir ou encore argenture déposée sur verre).

Nous avons utilisé la méthode du fond cohérent de F. Zernike : une onde plane, polarisée rectilignement tombe sur le bord de l'écran et l'on projette une image agrandie de cet écran à l'aide d'un objectif de microscope de grande ouverture numérique (Nachet n° 7). On superpose à cette image une onde cohérente obtenue à l'aide d'un autre objectif de microscope identique; on obtient ainsi un montage analogue à l'interféromètre de Mach où l'on aurait placé sur chaque trajet un objectif de microscope. La photographie des

---

(*) Séance du 27 mars 1950.

([1]) P. M. Duffieux, *Le problème du liséré* [*Rev. Opt.*, 1950 (à paraître)].

([2]) A. Sommerfeld, *Math. Annalen*, 47, 1896, p. 317.

franges peut révéler soit des perturbations de phase (déviation des franges), soit des perturbations d'amplitude (variation du noircissement).

On constate que les perturbations de phase sont probablement inférieures à $\lambda/5$ pour la mise au point qui paraît être la meilleure; pour cette même mise au point, les perturbations d'amplitude sont limitées à une bande de quelques longueurs d'onde à partir du bord. Il semble bien d'autre part que les perturbations soient plus faibles dans le cas N que dans le cas P, comme Sommerfeld l'avait trouvé dans le cas d'un écran ayant des propriétés idéales.

OPTIQUE. — *Spectre d'émission de l'ozone.* Note (*) de Mme **Renée Herman** et M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

Une trentaine de nouvelles bandes dégradées vers le rouge ont été trouvées dans l'oxygène pur; les longueurs d'onde approchées de leurs têtes figurent dans un tableau. Une partie de ces bandes semble devoir être attribuée à la molécule O_3.

Beaucoup de travaux ont été consacrés au spectre d'absorption de la molécule O_3 et de nombreux systèmes de bandes plus ou moins complexes et difficiles à interpréter ont été trouvés entre 2000 et 14400 Å ([1]). Par contre, le spectre d'émission de cette molécule est demeuré pratiquement inconnu jusqu'à ce jour. Johnson a signalé néanmoins un certain nombre de bandes de faible intensité, observées dans une décharge à travers l'oxygène sous faible pression. Il a tenté d'établir une analogie entre ces bandes et les bandes connues en absorption entre 4790 Å et 3090 Å ([2]). Toutefois, ces émissions, fortement masquées par les bandes négatives de l'oxygène, doivent être attribuées, pour la plupart, au deuxième système négatif de O_2^+. D'ailleurs les coïncidences relevées sont assez arbitraires. Dans l'ensemble, on peut affirmer que les bandes ultraviolettes observées en absorption n'ont pu, jusqu'ici, être excitées en émission.

Le choix de la pression du gaz émetteur joue un rôle essentiel dans l'observation de l'émission de O_3. Pour les pressions faibles, les bandes négatives de l'oxygène sont très intenses dans le visible et l'ultraviolet. Sous une pression de l'ordre de l'atmosphère, les bandes négatives sont absentes mais sont remplacées par le système de Schumann-Runge $O_2(B^3\Sigma - X^3\Sigma)$ extrêmement développé, qui recouvre la même région spectrale. Lorsque la pression est de l'ordre de 10 à 20cm de mercure, le système de Schumann-Runge n'est pas très développé et se compose d'un petit nombre de bandes à faible température apparente de rotation et de vibration. On observe alors de nombreuses bandes

(*) Séance du 3 avril 1950.

([1]) R. S. Mulliken, *Review of Modern Physics*, 14, 1942, p. 204.

([2]) R. C. Johnson, *Proceed. Royal Society*, A. 105, 1924, p. 683; J. Janin, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 145.

nouvelles, toutes dégradées vers le rouge. Les longueurs d'onde des têtes de ces bandes figurent dans le tableau I.

TABLEAU I.

Herman. (Å).	Herman. (Å).	Johnson. (Å).	Herman. (Å).	Johnson. (Å).
2394	2944,5	–	–	3378,3
2407	–	3090,4	3398	–
2484,5	–	3097,5	–	3465,3
2491	–	3106,1	3540,7	–
2496	3139	–	–	3565,2
2516	–	3169,5	–	3568,9
2530	–	3175,0	3630	–
2545	3210	–	3789	–
2609	3256	–	3982	–
2626	–	3278,1	4267,2	–
2642	3284	3284,6	–	4276,9
2655	–	3313,1	4314,3	4316,3
2748	3319	–	4401	–
2823	–	3331,5	–	4464,7
2884	–	3337,8	4495	–
2924				

Dans ce tableau, sont portées, seulement, les bandes les plus intenses. On peut, pour certaines d'entre elles, trouver des bandes de Schumann-Runge ayant des longueurs d'onde voisines en raison du nombre considérable de ces bandes susceptibles d'être excitées sous pression élevée. Il n'est pas exclu non plus que certaines de ces bandes appartiennent à des impuretés, malgré toutes les précautions prises dans la purification. Nous avons cherché à mettre en évidence les fréquences de vibration de la molécule O_3. Indiquons, à titre d'exemple, que les cinq bandes extraites du tableau I et figurant dans le tableau II peuvent être arrangées de façon à mettre en évidence les fréquences de vibration $\nu_1 = 710\,\text{cm}^{-1}$ et $\nu_1 + \nu_2 = 1724\,\text{cm}^{-1}$ de O_3.

TABLEAU II ([3]).

3284		3210		3139
(30442)	702	(31144)	704	(31848)
		1723		1727
		3398		3319
		(29421)	700	(30121)

([3]) On peut trouver d'autres courtes séries pour lesquelles la différence des nombres d'onde se retrouve dans le spectre d'absorption infrarouge de O_3. Par exemple : 3139 (31 848) et 2944, 5 (33 952) dont la différence est $2104\,\text{cm}^{-1}$, valeur voisine de $\nu_3 = 2105\,\text{cm}^{-1}$ et des couples de bandes présentant une différence de fréquence voisine de $710\,\text{cm}^{-1}$, tels que 2944 (33 952) et 2884 (34 664); 4267 (23 429) et 4401 (22 716).

Les bandes 3982 et 4267 Å ont une structure très simple, analogue à celle des bandes de Schumann-Runge. Nous avons pu déterminer approximativement les valeurs de $B'' - B'$ pour ces deux bandes. Les nombres obtenus sont assez voisins et leur moyenne est de 0,61 cm^{-1} alors que pour le système de Schumann-Runge $B''_0 - B'_0 = 0,625$ cm^{-1}. Ces bandes nouvelles semblent donc apparentées au système $B^3\Sigma - X^3\Sigma$ de la molécule O_2, ce qui laisserait penser qu'elles proviennent d'une transition de cette dernière molécule. Le niveau inférieur correspondant serait alors le niveau fondamental. Remarquons, toutefois, que Mulliken, dans un article de mise au point sur la structure des molécules polyatomiques, prévoit, pour O_3, l'existence de deux systèmes permis analogues aux bandes de Schumann-Runge. Suivant Hettner, Pohlman et Schumacher (1), la molécule O_3 serait triangulaire avec un angle au sommet de 39°. Un tel modèle s'interprète comme une molécule O_2 avec un troisième atome très lâchement lié. L'une des transitions correspondrait en absorption à la bande de Hartley, l'autre se situerait vers les longueurs d'onde plus courtes.

PHOTOPHORÈSE. — *Sur la photophorèse négative.*
Note (*) de M. **Ouang Te-Tchao**, présentée par M. Jean Cabannes.

La question de savoir si la force de photophorèse négative est due à une action directe entre la particule et le photon, ou s'exerce au contraire par l'intermédiaire des molécules gazeuses environnantes ne me paraît pas complètement résolue. Il semble nécessaire d'effectuer une expérience sous vide très poussé, en éliminant tous les effets parasites possibles, en particulier, l'effet radiométrique.

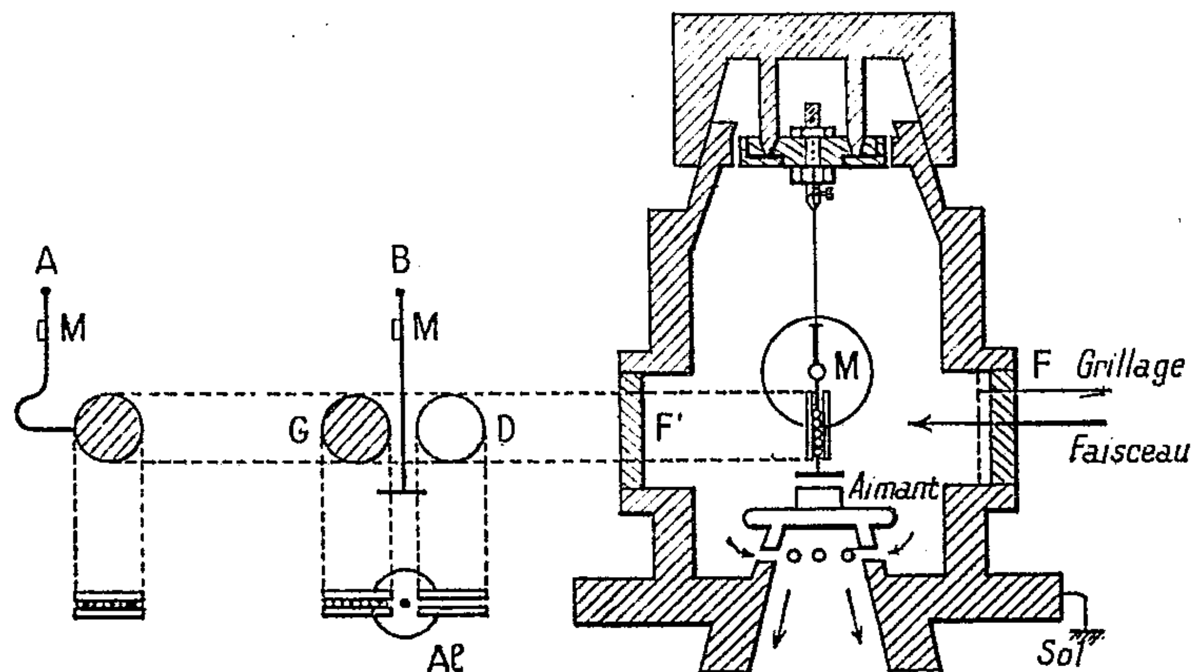
Pour cela, nous avons réalisé un appareil différentiel à pendule de torsion. Il est représenté schématiquement par la figure 1. Dans un cylindre d'acier de 8^{cm} de diamètre et 1^{cm} d'épaisseur, quatre fenêtres en saillie ont été pratiquées. Une tête conique permet à la fois d'orienter le pendule et d'assurer l'étanchéité. Deux modèles de pendule ont été utilisés. Dans la première série d'expériences, nous avons utilisé le pendule simple A, dont la palette est composée d'une double rondelle de mica. La rondelle est de 10^{mm} de diamètre, 5,3 mg/cm^2 d'épaisseur. Elle est fixée sur une tige d'argent. Un miroir M de 2×2^{mm} est posé sur cette tige, perpendiculaire à la surface de la palette. L'ensemble de l'équipage pesant 18^{mg} est suspendu par un fil de quartz de 5$^{\mu}$ de diamètre, 20^{mm} de longueur. La distance entre le centre de la palette et l'axe du pendule est de 6^{mm},5. Dans ces conditions, il suffit d'une force de 10^{-6} dyne pour déplacer un spot de 1^{mm} sur l'échelle à 1^{m} de distance, la constante de torsion du fil de quartz étant $1,6 \cdot 10^{-3}$ dyne-cm/radian.

---

(1) *Zeitschr. f. Physik*, 91, 1934, 372.

(*) Séance du 3 avril 1950.

On a déposé par sédimentation des particules en suspension sur l'une des faces d'une rondelle transparente de mica. Cette face a été recouverte par une autre rondelle identique. La palette ainsi formée constitue un sandwitch mica-particules, de sorte que l'effet radiométrique dû à un éventuel départ de



molécules gazeuses sortant des particules est pratiquement éliminé. Le vide est assuré par une pompe à diffusion à vapeur de mercure du type Debierne. Cette pompe à deux étages est amorcée par une pompe à palettes à deux étages également. Un condensateur à azote liquide est intercalé entre la pompe et le récipient. Le degré de vide est contrôlé par la jauge à ionisation.

La palette doit être placée de telle façon que la face nue de celle des deux rondelles qui supporte les particules reçoit directement la lumière. Nous avons utilisé une lampe à arc de charbon munie d'un réglage automatique. Devant la fenêtre F, on dispose deux fentes et un verre absorbant qui élimine 86 % des rayons infrarouges pour une source de lumière blanche à 2500° C.

Les particules en suspension ont été produites par la combustion d'un parfum de Chine. D'après P. Tauzin (1), ces particules ont le caractère de photophorèse négative. D'autre part, nous connaissons l'ordre de grandeur de leurs dimensions (2).

La rondelle non chargée de particules étant mise en place, on fait le vide pendant plusieurs heures. Dès que le degré de vide est au-dessous de 5.10^{-5} mm. de mercure, on éclaire la rondelle. Elle dévie dans le sens de la propagation du faisceau. Quand la rondelle est chargée de particules, toutes choses égales d'ailleurs, elle dévie effectivement dans le sens contraire à la propagation du faisceau.

Bien que cette déviation ne puisse pas être interprétée comme un effet radio-

(1) *Cahier de Phys.*, 22, 1944, p. 37.

(2) Ouang Te-Tchao, *Ann. de Phys.*, 16, 1941, p. 102.

métrique dû aux particules, rien ne prouve que la paroi de la fenêtre F′, frappée par la lumière, ne renvoie pas des molécules sur la palette. En effet, si l'on établit une différence de température entre la paroi et la palette (en touchant la paroi avec une main chaude, par exemple), le pendule dévie effectivement. D'ailleurs, c'est le principe même du manomètre Knudsen.

Pour éviter l'effet de paroi, nous avons utilisé le pendule différentiel B. Deux palettes à double rondelle sont fixées à la tige. Elles ont été placées symétriquement par rapport à l'axe de rotation. La palette droite D est nue, tandis que celle de gauche G est chargée de particules. L'ensemble est placé symétriquement dans le faisceau lumineux. Dans ces conditions, l'effet de paroi sur l'une des palettes est compensé par l'autre. L'expérience montre que si les palettes D et G sont nues toutes les deux, et qu'elles soient placées symétriquement dans le faisceau, le spot reste pratiquement au zéro. Si la palette G est chargée de particules, la palette D étant nue, le pendule s'est mis en mouvement dans le sens contraire à l'aiguille d'une montre, en le regardant de haut en bas. Ce qui montre que D dévie dans le sens de la propagation du faisceau, et que G dévie dans le sens opposé. Si l'on éclaire séparément D et G, la première dévie dans le sens de la propagation du faisceau, la dernière dans le sens inverse. Ces expériences ont été faites sous un vide de l'ordre de 5.10^{-6} mm de mercure, contrôlé par la jauge à ionisation. A ce degré de vide, il est indispensable d'ajouter un système d'amortissement sur le pendule. Sans cette précaution, le pendule oscille presque indéfiniment. A cet effet, nous avons placé un petit disque en aluminium au bout de la tige et au-dessus d'un petit aimant. Pour éviter la perturbation électrostatique, la surface intérieure de la fenêtre F doit être protégée par un grillage métallique, l'enceinte de l'appareil étant reliée à la terre. Des mesures quantitatives sont en cours.

RADIOACTIVITÉ. — *Étude par la méthode photographique des dépôts actifs fournis par diverses substances radioactives.* Note (*) de Mme **Arlette Hee**, MM. **Michel Jarovoy** et **Joseph Kleiber**, présentée par M. Frédéric Joliot.

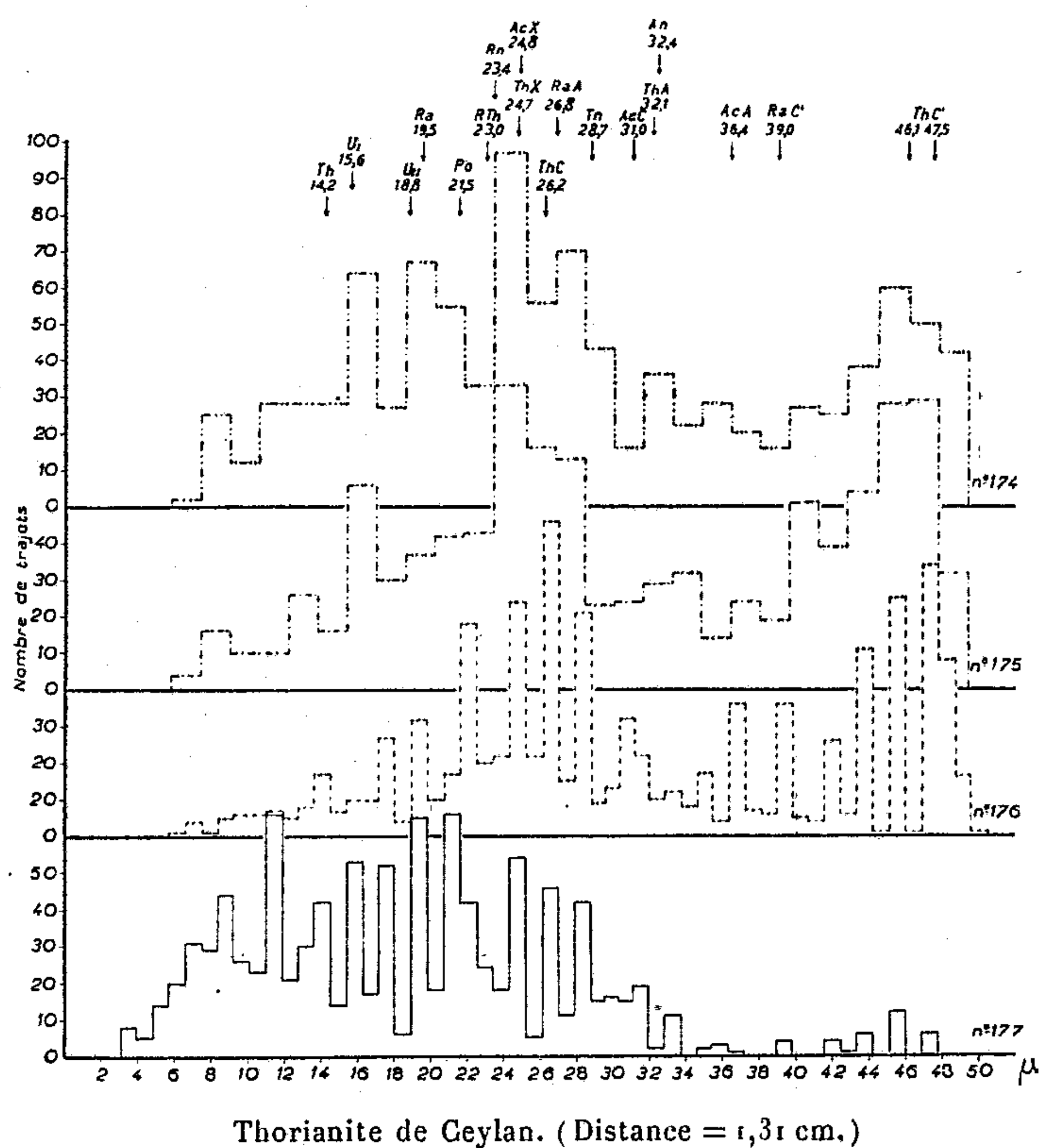
Nous avons été conduits à faire l'étude des dépôts actifs de quelques substances riches en uranium ou en thorium. Nous avons utilisé la carnotite du Colorado (vanadate d'uranium et de potassium à environ 50 % d'U et Th en quantité négligeable); l'autunite du Tonkin (phosphate de Ca et U à 50 % d'U sans Th) la thorianite de Ceylan (environ 65 % de Th et 10 % d'U). A ces trois minerais, nous avons ajouté l'oxyde noir d'urane.

Le disque à activer est relié au pôle négatif d'une batterie de 500 V environ,

(*) Séance du 6 mars 1950.

tandis que la substance active est au pôle positif et au sol. La masse de cette substance, pesée, est étendue en couche mince et régulière. Distance de la substance au disque : $0^{cm},05$, ou $1^{cm},31$. L'activation à duré 4 jours environ (saturation). Entre chaque expérience, le disque a été lavé à l'eau acidulée par ClH et pour les dernières expériences, nous avons procédé à un deuxième lavage à l'eau ammoniacale.

Des plaques photographiques Ilford ont été mises en contact avec le disque activé; chaque plaque correspond au dépôt actif d'une substance donnée et à un temps de pose déterminé soit immédiatement après la fin de l'activation, soit trois jours après la fin de l'activation, de façon à différencier les dépôts



Thorianite de Ceylan. (Distance = 1,31 cm.)

N° 174. Contact 4 h 19 min depuis la fin de l'activation. ($S = 40$ mm², 1000 trajets). (J. Kleiber.)
N° 175. Contact 13 h 34 min depuis la fin de l'activation. ($S = 17$ mm², 1011 trajets). (J. Kleiber.)
N° 176. Contact 3 j 16 min depuis la fin de l'activation. ($S = 20$ mm², 1032 trajets). (M. Jarovoy.)
N° 177. Contact 1 j 23 h 41 min, 3 j 16 min après la fin de l'activation. ($S = 72$ mm², 1000 trajets). (M. Jarovoy.)

actifs à évolution rapide de ceux à évolution lente. Pour chaque plaque, une courbe de répartition statistique des longueurs de trajectoires des rayons α a été établie, par deux observateurs différents, en ne mesurant que les traces ayant une même mise au point d'une extrémité à l'autre.

Nous avons reporté sur chaque graphique les longueurs en μ des rayons α

émis par les divers radioéléments, d'après des étalonnages récents ([1]), ([2]), ([3]), afin de pouvoir identifier les maxima mis en évidence dans nos mesures. La figure 1 concerne la thorianite de Ceylan : la répartition des parcours traduit bien l'évolution des dépôts actifs d'une substance contenant U et Th, avec prédominance de Th. En outre cette étude met en évidence l'existence d'atomes de UI, Ra, AcX et ThX dans les dépôts actifs de rapide et lente évolution, en dehors de la présence incontestée d'atomes de PO, ThA, An, RaC′ et ThC′. Autrement dit, sont présents, dans les dépôts actifs, des atomes qui les précèdent, dans la filiation. De plus, la présence d'atomes d'UI qui semble n'avoir jamais été envisagée jusqu'à présent, est incontestable d'après une trentaine d'expériences réalisées aussi bien sur des roches que sur des minerais.

Nous avons, en effet, relevé les trajets α correspondant à ce corps dans toutes nos plaques, sauf dans la plaque n° 176, reproduite ci-contre. Pour celle-ci, on conçoit que l'UI ait été masqué par la grande quantité d'atomes dus au thoron et à ses descendants. Ajoutons qu'un disque activé uniquement par du bromure de mésothorium et ses descendants n'a pas non plus donné de trajets correspondant à l'UI. Le phénomène de recul qui peut être invoqué pour expliquer l'arrivée des diverses particules sur le disque activé ne peut intervenir pour l'UI. L'hypothèse la plus simple est de penser à une attraction électrique. Il nous paraît aussi très important de signaler l'existence de trajets plus courts que ceux de l'UI. Trajets qui n'ont pas disparu lorsque nous avons recouvert la substance activante d'un écran de mince tissu qui devait arrêter les poussières rendues actives. L'explication de ces petits trajets pourrait être due à un mauvais contact entre plaque et disque. Des expériences sont en cours en prenant un soin particulier pour la réalisation de cette condition, et des recherches spéciales sont faites pour essayer d'identifier ces trajets courts avec le maximum de certitude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de polyéthylènes par diffraction électronique.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Louis de Broglie

Les polyéthylènes sont de hauts polymères organiques obtenus par polymérisation de l'éthylène; ils sont essentiellement constitués de chaînes hydrocarbonées : $\diagup CH_2 \diagdown CH_2 \diagup CH_2 \diagdown CH_2 \diagup CH_2 \diagdown CH_2 \diagup CH_2 \diagdown CH_2 \diagup$ identiques à celles des carbures paraffiniques saturés.

Mais tandis qu'un carbure paraffinique donné possède une chaîne de longueur parfaitement déterminée, il n'en est pas de même pour les poly-

([1]) Tsien-San-Tsiang, Chastel, Faraggi et Vigneron, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 571.

([2]) Lattes, Fowler et Cüer, *Proc. Phys. Soc. London*, 59, 1947, p. 883.

([3]) R. Flament, Note n° 1 du Centre de Physique Nucléaire de Bruxelles, 1948.

éthylènes dont les chaînes très longues (ou macro molécules) ont des longueurs essentiellement variables. Certaines parties de ces molécules sont susceptibles de se grouper parallèlement les unes aux autres en formant des cristallites susceptibles de donner lieu à de bonnes diffractions des rayons X; en d'autres régions, par suite de leur flexibilité, elles présentent une disposition désordonnée correspondant à des domaines amorphes. Des études effectuées au moyen des rayons X, nous ont permis d'attribuer à la partie cristalline des polyéthylènes une maille orthorhombique, de base $a = 7{,}38$ Å, $b = 4{,}92$ Å et de hauteur $c = 2{,}51$ Å (quatre groupes méthylène par maille), en bon accord avec les résultats de Bunn (1).

Nous avons obtenu de bons diagrammes de diffraction électronique en dissolvant des échantillons de polyéthylène dans du benzène, et en laissant évaporer une goutte de la solution très diluée sur une fine membrane de collodion elle-même placée sur une grille de nickel, ou encore en formant directement un film très mince de polyéthylène par évaporation sur une surface d'eau et en le disposant ensuite sur la grille de nickel recouverte de la membrane de collodion. Dans les deux cas, l'examen aux électrons (45 à 60 kV) laisse apparaître sur l'écran de fins anneaux de diffraction comportant parfois des taches isolées indiquant la présence de quelques cristallites de dimensions de l'ordre du micron. Le diagramme disparaît assez rapidement sous l'inflence de l'élévation locale de température produite par le passage du faisceau d'électrons; il est alors remplacé par un halo intense analogue à celui qu'on observe avec les rayons X, lorsque la température de l'échantillon dépasse 115°.

Les diagrammes obtenus fournissent, pour les divers anneaux observés, des distances réticulaires qui sont exactement les mêmes que celles obtenues avec les rayons X. On peut donc conclure que, sous cet état de film très mince (environ $50^{m\mu}$ d'épaisseur) la cellule élémentaire est orthorhombique avec les mêmes paramètres que ceux indiqués plus haut. De plus, la présence de taches isolées (200) et (020) sur certains diagrammes fournit directement la valeur des équidistances dans le plan de base ($a = 7{,}38$ Å, $b = 4{,}92$ Å). Enfin, en prenant des diagrammes sous des angles croissants, il est possible de mesurer directement la distance entre deux atomes de carbone consécutifs situés du même côté du zig-zag de la chaîne; on trouve ainsi $c = 2{,}51$ Å identique à celle déduite des rayons X (diagrammes de fibre) ou à celle que l'un de nous avait déterminée directement pour les carbures paraffiniques par diffraction électronique (2).

Il est à remarquer que sur les diagrammes de rayons X, la phase cristalline

(1) *Trans. Faraday Soc.*, 35, 1939, p. 482.

(2) J.-J. TRILLAT et H. MOTZ, *Ann. Phys.*, 4, 1935, p. 275-302; *Zeits. f. Kristall.*, 91, 1935, p. 248; J.-J. TRILLAT et TH. VON HIRSCH, *J. Phys.*, 4, 1933, p. 38-43.

(anneaux de diffraction) apparaît toujours accompagnée d'une phase amorphe (halo); il n'en est pas de même pour les électrons, qui sont beaucoup plus fortement diffusés par les arrangements cristallins. Le halo amorphe n'apparaît nettement qu'au moment de la fusion (115°) produite par l'échauffement dû au passage des électrons et qui détruit tous les cristallites, sans qu'il y ait toutefois rupture du film; après refroidissement et nouvel examen au même point, la partie cristalline ne réapparaît pas. Ceci peut être attribué à une évaporation locale des macromolécules au voisinage du point de fusion.

Si l'on compare les diagrammes électroniques de polyéthylène avec ceux que donnent les carbures saturés ou même les paraffines commerciales (obtenus également à partir de films très minces), on peut constater une identité absolue; le tableau suivant donne les distances réticulaires correspondant aux anneaux de diffraction électronique de ces divers corps, ainsi que leurs indices cristallographiques.

	(001) (3).	($\bar{1}$10).	(200).	(210).	(300) et (020).	(120).	(011) et (310).	(220).
Polyéthylène	–	4,07	3,68	2,95	2,46	2,34	2,21	2,05
Hexadécane........	20,9 Å	4,07	3,70	2,94	2,45	2,33	2,19	2,04
Paraffine commerciale.....	variable suivant le point de fusion	4,08	3,67	2,95	2,46	2,34	2,22	2,05

Ces résultats confirment l'identité complète de structure des chaînes hydrocarbonées constituant les macromolécules des polyéthylènes et des chaînes des hydrocarbures saturés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption de sels d'uranium tétravalent; essai de classification à partir des fréquences de vibration.* Note de Mme **Marie Freymann**, MM. **René Freymann**, **Raymond Rohmer** et **Pierre Hamon**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les recherches effectuées sur les sels d'uranyle ont permis une classification de leurs bandes de fluorescence et d'absorption; cette classification fait intervenir (1), (2) les fréquences de vibration de UO_2^{++}. Une telle tentative n'avait pas été faite pour les sels d'uranium tétravalent (3). Nous avons repris l'étude de Cl_4U et de Br_4U et donnons un essai de classification de leurs bandes d'absorption dans le visible à partir des fréquences de vibration présumées de ces molécules.

Technique. — Une étude des halogénures (4) nous a conduits à préparer des sels d'uranium, aussi purs que possible, de la façon suivante : Pour Cl_4U, par

(3) Grande équidistance suivant l'axe (c), visible seulement par diffraction des rayons X.

(1) M. et R. Freymann, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 529; **226**, 1948, p. 332, 1029 et 1096.

(2) A. B. F. Duncan et G. H. Dieke, *Spectroscopic properties of Uranium Compounds*, 1949.

(3) *Helv. Chem. Acta*, **16**, 1933, p. 1257.

(4) J. Prigent et R. Rohmer, *Bull. Soc. Chim.*, **16**, 1949, p. 655.

les méthodes de Péligot ([5]) et Colani ([6]) perfectionnées : 1° action d'un courant de chlore sur un mélange de carbone et d'un oxyde d'uranium entre 850 et 950°. Cl_4U distille vers 620° et se sépare facilement de Cl_5U beaucoup plus volatil; 2° action de vapeurs de Cl_4C sur O_8U_3 vers 600°. Pour Br_4U, on emploie la première méthode à 1000° ou l'action du mélange $CS_2 + Br_2$ ([4]) sur un oxyde. Br_4U distille au-dessus de 1000° et se dépose sur les deux parois d'un tube de quartz; on élimine l'excès de brome par un courant d'azote et l'on scelle.

Les spectres étaient obtenus comme précédemment ([1]), à la température de l'air liquide.

Résultats. — Nous avons noté les bandes suivantes (en cm^{-1}) : (les bandes sont plus nombreuses que celles signalées par Ephraïm et Mezener et la meilleure précision des pointés explique certains désaccords avec ces auteurs).

Cl_4U : 14577 Id, 14723 ms, 14945 Id, 15106 fs, 15172 ms, 15281 Id, 15389 Is, 15466 ms, 15526 Is, 15569 fs, 15671-15711 I, 15767 fs, 15850 Is, 15919 Is, 15956 ms, 16057 ms, 16093 ms, 16186 ms, 16331 Id, 16518 ms, 17289 fs, 17325 I, 17382 I, 17516 md, 17587 Is, 17665 ms, 17809 Id, 17865 Id, 18825 fd, 19338 Id, 19425 Id, 19512 fs, 19581 fs, 20304 Id, 20395 Id, 20850 Id, 20951 Id.

Br_4U : 14586 Id, 14723 Is, 14837 ms, 15242 fs, 15356 Is, 15509 ms, 15613 ms, 15672 fs, 15728 ms, 15833 Id, 15946 ms, 16578 Id, 16711 md. 17301 Id, 17352 f, 17528 f, 17637 Is, 17781 fs, 17889 Id, 18031 Id, 18175 f.

I = intense; m = moyenne; f = faible; s = fine; d = diffuse.

Tentative de classification. — Nous verrons plus loin que ces spectres peuvent être classés à partir des fréquences de vibration des molécules Cl_4U et Br_4U comme avaient pu être classées les bandes des sels dits d'uranyle à partir des fréquences de vibration de UO_2^{++}. Toutefois, une classification définitive se heurte aux difficultés suivantes :

1° Les spectres Raman et infrarouge de ces molécules n'ont pas été étudiés jusqu'ici, et leur connaissance est indispensable. Nous avons seulement pu extrapoler les valeurs suivantes, à partir d'autres molécules des types Cl_4X et Br_4X : Pour Cl_4U, deux bandes voisines de 350 cm^{-1} et deux voisines de 110 cm^{-1} environ; pour Br_4U, deux bandes voisines de 150 cm^{-1} et deux voisines de 90 cm^{-1}. 2° Il y aurait sans doute lieu d'adjoindre des fréquences très basses liées au réseau cristallin (elles ne sont pas connues). 3° Les spectres de fluorescence des sels d'uranium tétravalent n'ont pas été observés (nous pensons qu'ils se trouvent au delà de 1 μ); or, l'emploi de la fluorescence permet d'atteindre directement les états normaux de la molécule ([1]). 4° Il fau-

([5]) *Ann. Chim. Phys.*, 5, 1842, p. 9.
([6]) *Ann. Chim. Phys.*, 12, 1907, p. 69.

drait reprendre ces expériences à la température de l'hydrogène liquide ou mieux de l'hélium liquide.

Ces réserves faites, nous donnons ci-après les différences de fréquence entre les diverses bandes, différences que nous attribuons aux vibrations des molécules Cl_4U et Br_4U (états excité et normal).

Cl_4U : *Moyenne* 93 : 96, 93, 93, 91.

Moyenne 104 : 109, 108, 103, 102, 106, 101, 101.

Moyenne 141 : 146, 137, 142, 139, 152, 138, 137, 129, 145, 134, 149, 144, 156.

Moyenne 180 : 161, 185, 185, 179, 187, 191, 174.

Moyenne 341 : 368, 336, 360, 354, 322, 324, 350, 346, 326, 336, 332, 340, 349.

Moyenne 384 : 383, 390, 384, 393, 387, 386, 382, 375, 376.

Br_4U : *Moyenne* 110 : 114, 114, 104, 115, 105, 113, 109, 108.

Moyenne 145 : 137, 153, 163, 133, 144, 142, 144.

Les conclusions précédentes sont confirmées par une étude de Cl_3U qui est en cours.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude du pouvoir de conjugaison dans les hydrocarbures.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Louis de Broglie.

Cette étude montre pour les dérivés examinés certaines lois linéaires approximatives entre caractéristiques finales et initiales du carbone substitué et montre la nécessité de distinguer les carbones selon le type ([1]). Dans le cadre de la méthode des orbitales moléculaires ([2]) utilisée ici, soit R′ ou R″ le substituant selon qu'il a un ou deux électrons π et supposons les α nuls et les β égaux à l'unité.

Généralement la substitution R′ produit le même effet que la substitution R″ et dans ce cas on désigne simplement par R le substituant.

Le tableau I confirme l'existence des relations entre I et J_1 ([3]) et entre J_2 et J_1 ([4]) et ([5]) et il fait apparaître les lois linéaires (tableau II) (moindres écarts) entre A_2 et A_1, J_2 et A_1, I et A_1, A_2 et J_1.

On note que la courbe $A_2(J_{1_a})$ se compose d'une seule droite; au contraire les autres courbes se décomposent en 2 segments correspondant aux 2 types. La substitution des J_b aux J_a ne fait pas disparaître ce dédoublement. La courbe $A_2(A_1)$ est elle-même formée de 2 segments.

(*) Séance du 27 mars 1950.

([1]) R. Daudel, C. Sandorfy, C. Vroelant, P. Yvan et O. Chalvet, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 66.

([2]) C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, A 191, 1947, p. 407.

([3]) R. Daudel et Martin, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 559 et Pullman Rumpf et Kieffer, *Colloque sur les réactions d'échange*, 1948, p. 13.

([4]) P. Daudel, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 99-100.

([5]) *Voir* par exemple, A. Kiss, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 762.

TABLEAU I.

Dérivés.	Auto-polarisabilité initiale A_1.		Valence initiale J_{1_a}.		Valence finale J_{2_a}.	Auto-polarisabilité finale A_2.	Indice de la nouvelle liaison I.	Valence initiale J_{1_b}.	Valence finale J_{2_b}.
R–éthylène........	0,500		0,732		0,318	0,3535	0,707	0	0,0002
R–1–butadiène.....	0,626		0,842		0,366	0,380	0,789	0,110	0,0482
R–2–butadiène (6)..	0,402		0,392		0,043	0,3068	0,653	0,074	0,0433
R–1–hexatriène....	0,685		0,862		0,371	0,3853	0,815	0,130	0,0539
R–2 »	0,389	(7)	0,382		0,035	0,3034	0,643	0,064	0,0358
R–3 »	0,470		0,462		0,080	0,3249	0,723	0,144	0,0804
R–benzène........	0,3981		0,398		0,052	–	0,634	0,080	0,0520
R-α–naphtalène....	0,443		0,452		0,081	0,3237	0,688	0,134	0,081
R–β–naphtalène....	0,405		0,402	(8)	0,053	0,3092	0,649	0,084	0,053
R′ ...	0,5581		0,972		0,433	0,4241	0,758	0,240	0,1157
R″					0,408	0,4086	0,897		0,0910
R	0,5071		0,502		0,104	0,3347	0,756	0,184	0,1044
R	0,4335		0,432		0,068	0,3173	0,705	0,114	0,0682
R′ ...	0,4019		0,974		0,341	0,4132	1,149	0,242	0,0240
R″					0,271	0,4150	1,392		0,2713
R	0,434		0,461		0,090	0,3233	0,724	0,144	0,0900

Valence J_{1_a}, J_{2_a} — Constante de valence : $\sqrt{3}$ pour tous les carbones

Valence J_{1_b}, J_{2_b} — Constante de valence : 1 pour les carbones type 1; $\sqrt{2}$ » 2; $\sqrt{3}$ » 3

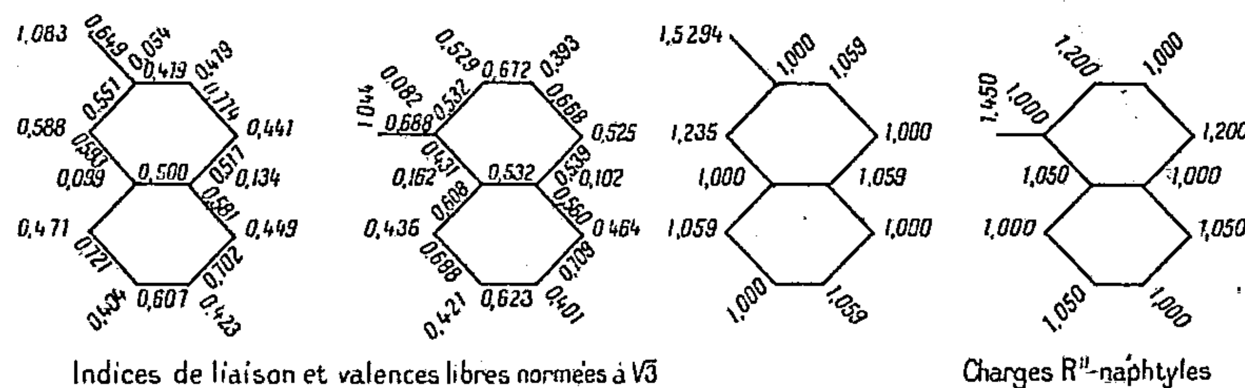
TABLEAU II.

Carbones type 1 — lois linéaires.	écarts moyens.	Carbones type 2 — lois linéaires.	écarts moyens.
$A_2 = 0,1716\ A_1 + 0,2677$	0,0016	$A_2 = 0,2496\ A_1 + 0,2081$	0,0021
$A_2 = 0,1529\ J_{1_a} + 0,2513$	0,0037	identique à A_2 ci-contre	
$A_2 = 0,2442\ J_{1_b} + 0,3535$	−0,0001	$A_2 = 0,2551\ J_{1_b} + 0,2877$	0,0009
$I = 0,9849\ A_1 + 0,2571$	0,0107	$I = 0,5859\ A_1 + 0,4142$	0,0027
$I = 0,8338\ J_{1_a} + 0,0968$	0,0033	$I = 1,2397\ J_{1_a} + 0,1506$	0,0119
$I = 0,9148\ J_{1_b} + 0,5831$	0,0095	$I = 0,8338\ J_{1_b} + 0,7071$	0‘0033
$J_{2_a} = 0,5171\ J_{1_a} + 0,1552$	0,0027	$J_{2_a} = 0,4131\ J_{1_a} + 0,0156$	0,0008
$J_{2_a} = 0,2903\ A_1 + 0,1728$	0,0038	$J_{2_a} = 0,5030\ A_1 - 0,1507$	0,0063
$J_{2_b} = 0,2903\ A_1 - 0,1450$	0,0038	$J_{2_b} = 0,5030\ A_1 - 0,1507$	0,0063

(6) R. GOUARNÉ, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 963-965.
(7) C. A. COULSON et H. C. LONGUET-HIGGINS, *Proc. Roy. Soc.*, A 193, 1948, p. 447.
(8) C. A. COULSON, *Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 929.

Par suite, même dans les questions où les autopolarisabilités seules sont en cause, la distinction entre les divers types de carbone semble devoir s'imposer.

Appendice. — Indices de liaison, valences libres et charges des R naphtyles. Les indices de liaison sont les mêmes dans les substitutions R′ et R″ et les charges égales à l'unité dans les R′ naphtyles.



Indices de liaison et valences libres normées à $\sqrt{3}$ — Charges R″-naphtyles

Niveaux énergétiques :

α — naphtalène — 2,35 — 1,64 — $\sqrt{2}$ — 1 — 0,8 0 + 0,8 + 1 + $\sqrt{2}$ + 1,64 + 2,35
β — naphtalène — 2,33 — 1,75 — 1,33 — 1,12 — 0,68 0 + 0,68 + 1,12 + 1,33 + 1,75 + 2,33

Le β naphtalène présente deux bandes d'absorption qui se trouvent confondues en une seule très large dans le cas de l'α naphtalène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de contrôle de la pureté de certains composés organiques.* Note (*) de M. **Henry Gault**, M[lles] **Marguerite Dorgans** et **Anne-Marie Azières**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'évaporation de matières organiques en solution donne lieu à des dépôts se présentant sous forme d'anneaux; ce phénomène (annellation) paraît pouvoir être utilisé à la séparation de certains corps organiques.

L'évaporation, sur surfaces planes ou courbes, de matières organiques solides et pures en solution dans des solvants volatils, donne lieu à des cristallisations progressives qui se manifestent souvent par la formation de couronnes ou d'anneaux réguliers et concentriques dans lesquels les cristaux prennent des orientations variables.

Ce phénomène, bien connu de tous les chimistes, a donné lieu à une étude détaillée de M. Ermolenko (1) qui s'est attaché à mettre en évidence l'influence qu'exercent, sur le nombre des anneaux formés, la nature des corps dissous et la tension superficielle des solvants utilisés.

Nous avons nous-mêmes effectué depuis plus d'un an des recherches méthodiques, dans ce domaine, sur la formation d'anneaux à partir de solutions non

---

(*) Séance du 12 avril 1950.

(1) *Journal Russe de Chimie Générale*, 10, n° 17, 1940, p. 1565; *Bull. An. X*, n° 9, Réf. 10-60, 902, 1949.

pas de corps purs mais bien de *mélanges* de corps et plus spécialement de corps organiques. L'objet de la présente Note est d'exposer quelques-uns des premiers résultats que nous avons obtenus.

Lorsqu'on soumet à l'évaporation des solutions de mélanges de deux substances, on observe la formation d'anneaux séparés et distincts entre lesquels les deux substances se répartissent en proportions variables.

Lorsqu'on soumet à l'évaporation la solution d'un corps renfermant une trace d'une matière étrangère, on constate que cette matière se sépare sous forme d'un anneau ou bien d'un anneau et d'une portion d'anneau concentrique distinct.

Suivant la nature des produits dissous et du solvant employé, et suivant la concentration des solutions, l'anneau peut être périphérique ou central.

La totalité ou, suivant les cas, la presque totalité de la matière étrangère se trouve expulsée de la solution dans le temps nécessaire à la formation de l'anneau correspondant, c'est-à-dire à l'évaporation d'une couronne de liquide de dimensions mesurables.

Description d'une opération. — On prépare une solution (éther, alcool, etc.), à 3/10 000 environ, du corps à étudier. Cette solution est versée avec précaution à l'aide d'une ampoule à robinet, graduée et axée sur le centre d'un verre de montre, puis évaporée dans une atmosphère sèche, à l'obscurité et à l'abri de tout courant d'air ou bien dans le vide d'un dessiccateur.

Si la séparation de la matière étrangère n'est pas totale en une seule évaporation, on peut reprendre et dissoudre le ou les anneaux correspondant au corps principal et soumettre la nouvelle solution à une deuxième évaporation.

L'observation peut être plus particulièrement facile à faire lorsque l'une des deux matières étudiées est fluorescente, c'est-à-dire avec des mélanges : ou bien d'un corps pur fluorescent avec une matière non fluorescente ou bien d'un corps pur non fluorescent avec une matière fluorescente.

Elle est également facile à faire lorsque le corps pur et la matière étrangère, étant tous deux fluorescents, leur fluorescence est nettement différente.

Exemples.

	Fluorescence.
Anthracène + Naphtacène............	Bleu-violet et jaune-vert
Phénanthrène + Naphtacène...........	Bleu-violet et jaune-vert
Acide acétyl-salicylique impur.........	Bleu pâle et jaune

Pour certains corps, fluorescents ou non, la caractérisation des constituants peut parfois se faire au microscope (formes cristallines différentes) ou, après séparation à la main des différents anneaux et lorsque les quantités de matière recueillie le permettent, par application des méthodes usuelles d'identification micro-chimique et micro-colorimétrique.

Nous proposons de désigner l'ensemble de ces phénomènes purement physiques sous le nom d'*annellation*, étant assurés qu'il ne pourra donner lieu à aucune confusion avec la conception abstraite d'enchaînement structural.

Il est évident que les opérations d'annellation ne doivent se faire qu'avec des solutions dans des solvants rigoureusement purs et contrôlés par évaporation préalable.

D'autre part, il faut éviter de se placer dans des conditions telles que la matière étudiée puisse se modifier partiellement au cours des opérations d'annellation. On conçoit, par exemple, qu'un hydrocarbure polynucléaire puisse se modifier sous l'action de la lumière en engendrant un photoxyde qui jouera le rôle de matière étrangère.

Les modifications que la lumière de Wood peut faire subir à la matière étudiée, pendant l'examen de sa fluorescence, sont moins à redouter : si la lumière de Wood agit, elle agira, en effet, sur la totalité de la matière sensible sans qu'il se crée de nouveaux anneaux.

En résumé, nous pensons que l'annellation peut permettre, d'une part de déceler dans un corps considéré comme pur, la présence de traces d'une matière étrangère et, d'autre part, par voie de conséquence, d'*amener un corps au degré maximum de pureté*.

Nous précisons que le taux, dans un corps qualifié pur, d'une matière étrangère donnant lieu à annellation, peut être tellement faible que cette matière n'exerce aucune influence ni sur ses caractéristiques physiques (*d*, F., *i*D, αD, spectre), ni sur aucune de ses autres propriétés (biochimiques, pharmacodynamiques, etc).

Nous poursuivons cette étude en cherchant à interpréter et à généraliser ces résultats expérimentaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du trichloro-1 di-(p-phénylformaldéhyde)-2.2 éthane.* Note de MM. **Roger Barré** et **Yvon Perron**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'oxydation du trichloro-1, *di*-(*p*-tolyl)-2.2, éthane par l'anhydride chromique donne le diacétate du trichloro-1, *di*-(*p*-phénylformaldéhyde)-2.2 éthane. L'hydrolyse de ce composé par l'acide sulfurique dilué libère l'aldéhyde; l'oxime correspondante a été préparée et décrite. Le diacétate et l'oxime retiennent une molécule du solvant de cristallisation.

La synthèse du trichloro-1, *di*-(*p*-phénylformaldéhyde)-2.2, éthane a été réalisée en partant d'un produit préparé par Fischer [1], le trichloro-1, *di*-(*p*-tolyl)-2.2, éthane (F 89°C).

On oxyde entre 3° et 8° C ce dernier composé par l'anhydride chromique et

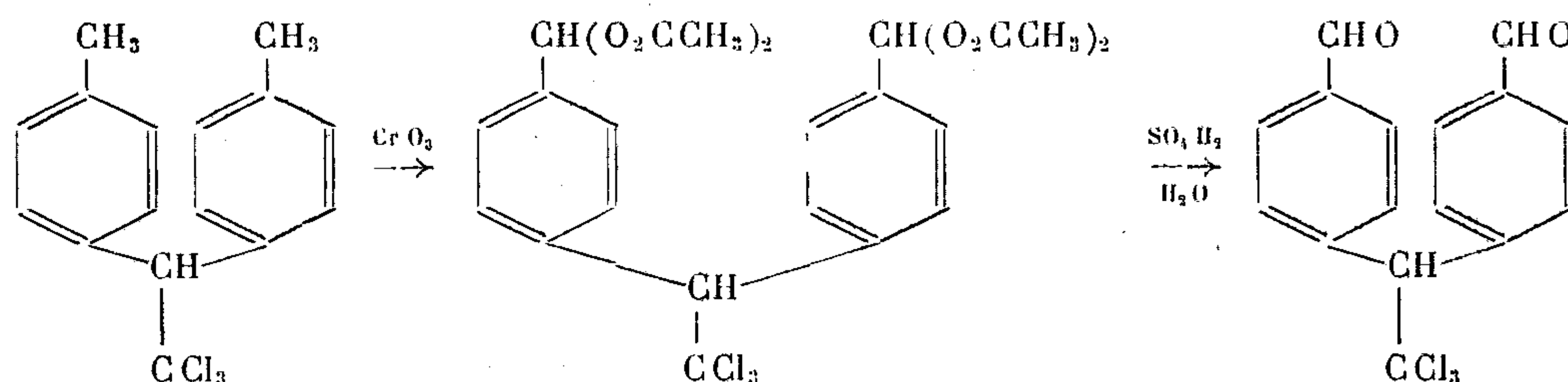
[1] *Ber.*, 7, 1874, p. 1191.

l'acide sulfurique en utilisant comme solvant un mélange d'anhydride acétique et d'acide acétique glacial. Quand la réaction est terminée, le mélange est versé sur de la glace concassée et le précipité formé est filtré et lavé avec de l'eau. Ce précipité est ensuite purifié par cristallisation dans une solution aqueuse de dioxane à 70 %. Les cristaux incolores (baguettes rectangulaires) de diacétate de trichloro-1, *di*-(*p*-phénylformaldéhyde)-2.2, éthane contiennent une molécule de dioxane de cristallisation; par chauffage dans un appareil *Abderhalden* à 100°C dans le vide pendant 4 heures, cette molécule de dioxane est éliminée et le produit pur, amorphe, fond à 122°C. Ce composé n'a pas été décrit encore pas plus que l'aldéhyde résultant de son hydrolyse.

Le diacétate de trichloro-1, *di*-(*p*-phénylformaldéhyde)-2.2, éthane est soluble dans tous les solvants organiques usuels, sauf l'éther de pétrole.

Analyse. — Calculé pour $C_{24}H_{23}O_8Cl_3$, $C_4H_8O_2$: C, 53,03 % ; H, 4,90 % ; Cl, 16,81 % ; Dioxane, 13,89 %. Trouvé : C, 53,01 % ; H, 4,95 % ; Cl 16,80 % ; Dioxane, 13,77 %.

Le diacétate d'aldéhyde est solubilisé à chaud dans une solution aqueuse à 50 % d'alcool éthylique. On ajoute suffisamment d'acide sulfurique concentré pour obtenir une solution à 2 % en acide. Le mélange est chauffé à la température du reflux durant trente minutes; l'aldéhyde libéré est purifié par cristallisation dans l'alcool éthylique à 70 %. Les cristaux incolores, en forme de paillettes, fondent à 148°C (déc.).



Le trichloro-1, *di*-(*p*-phénylformaldéhyde)-2.2, éthane est soluble dans les solvants organiques usuels, sauf dans l'éther de pétrole; il est peu soluble dans l'alcool éthylique à froid.

Analyse. — Calculé pour $C_{16}H_{11}O_2Cl_3$: C, 56,22 % ; H, 3,22 % ; Cl, 31,18 %. Trouvé : C, 56,28 % ; H, 3,30 % ; Cl, 31,20 %.

Cet aldéhyde réagit avec deux molécules d'hydroxylamine pour donner l'oxime correspondante. On ajoute à l'aldéhyde, en solution dans l'alcool éthylique, une quantité équimoléculaire de chlorhydrate d'hydroxylamine et d'acétate de sodium et l'on chauffe à la température du reflux durant trente minutes. L'oxime obtenue est purifiée par cristallisation dans une solution aqueuse d'alcool éthylique à 30 %. Les cristaux en baguettes incolores fondent à 126° C. Cette oxime est soluble dans les alcalis et dans tous les solvants organiques usuels, sauf l'éther de pétrole et le tétrachlorure de carbone. Elle retient

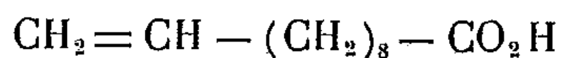
une molécule d'eau de cristallisation qu'on élimine par chauffage pendant quatre heures dans le vide à 100° C dans un *abderhalden*. Le produit pur fond à 139° C et est amorphe.

Analyse. — Calculé pour $C_{16}H_{13}O_2N_2Cl_3$, H_2O : N, 7,18 % ; H_2O, 4,62 %. Trouvé : N, 7,21 % ; H_2O, 4,30 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et étude d'un nitro-nitroso ester aliphatique*. Note de M. **Guy Ourisson**, présentée par M. Paul Pascal.

Par action de N_2O_4 ou mieux de N_2O_3 sur l'undécylénate de méthyle, on obtient le dérivé nitro-nitrosé correspondant. Sa structure est établie par ses propriétés physiques : changement de couleur à la fusion, spectre infrarouge, et par les hydrolyses acide et neutre. Il présente un groupe nitrosé vrai porté par un carbone secondaire.

Jegorow [1], étudiant l'action du peroxyde d'azote sur l'acide undécylénique, n'avait pu isoler aucun composé défini dans le produit de *nitration*. Par hydrolyse acide des huiles obtenues, il les dégradait en acide sébacique (rendement non précisé). Il en déduisait la position, en 10-11, de la double liaison de l'acide undécylénique

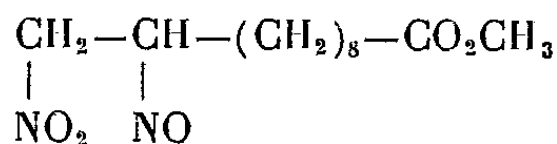


$$CH_2=CH-(CH_2)_8-CO_2H$$

position confirmée depuis par le spectre Raman ainsi que par l'ensemble des réactions de cette double liaison.

Nous avons repris l'étude de l'action des oxydes d'azote N_2O_3 et N_2O_4 sur l'acide undécylénique et l'undécylénate de méthyle, isolé et identifié le dérivé nitro-nitrosé de cet ester, et étudié quelques-unes de ses propriétés.

Contrairement à Levy et ses collaborateurs [2], dans le cas des carbures éthyléniques, nous n'avons pas pu obtenir l'addition simple de N_2O_4. Il se forme toujours un dérivé nitrosé, mis en évidence par sa coloration verte, disparaissant en quelques heures. Les corps obtenus sont trop instables, même après traitement à l'eau ou à l'alcool, pour être fractionnés par distillation. Nous n'avons donc pu isoler qu'un composé défini, le nitro-11-nitroso-10-undécanoate de méthyle :



$$\underset{NO_2}{CH_2}-\underset{NO}{CH}-(CH_2)_8-CO_2CH_3$$

En effet, ce corps précipite en cristaux incolores (F 82-83°), au fur et à mesure que se décolore le produit brut de nitration de l'undécylénate de méthyle.

(1) *J. Pr. Chem.*, 86, 1912, p. 521.

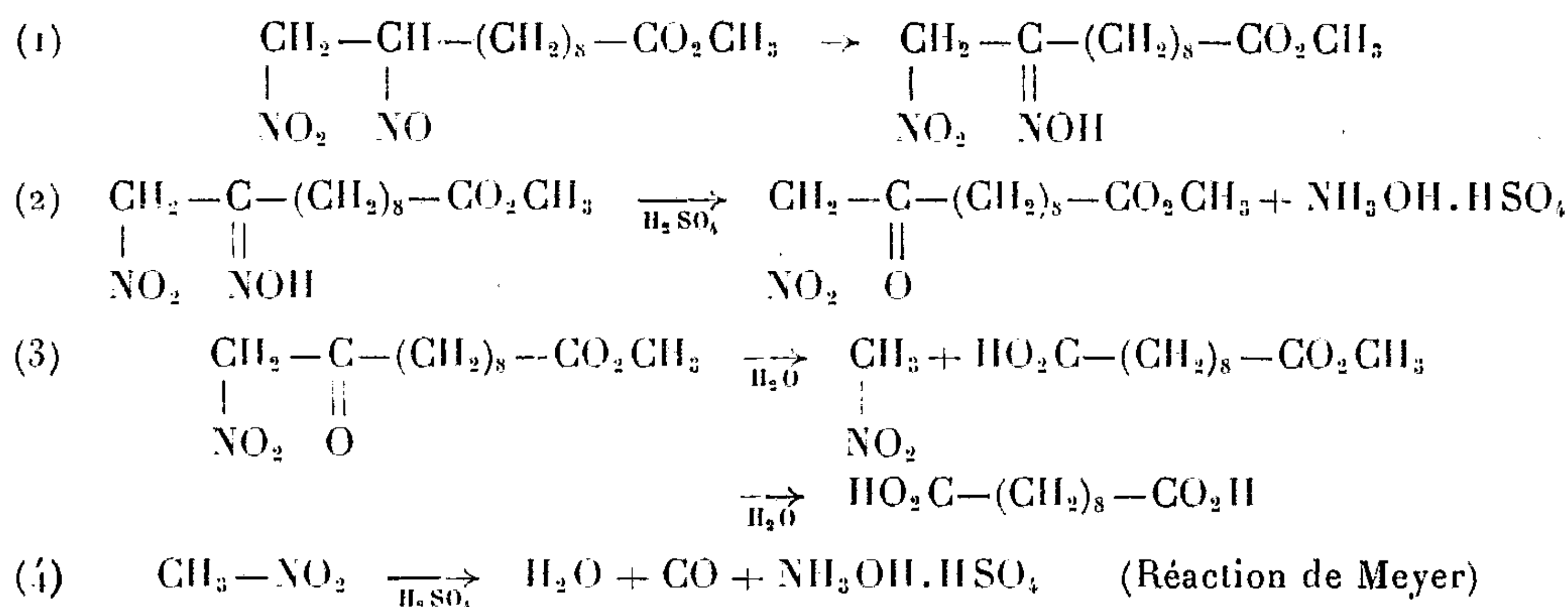
(2) Lévy et al., *J. Chem. Soc. London*, 1946, p. 1093, 1096 et 1100; 1948, p. 52; 1949, p. 2627.

Dans la nitration de l'acide undécylénique, cette précipitation ne s'est pas produite.

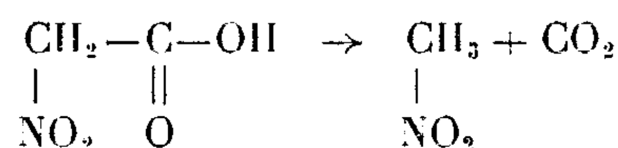
Le nitro-nitroso-undécanoate de méthyle a été obtenu avec un rendement maximum de 30 % par rapport à l'undécylénate, par action à 0-5° de N_2O_3, gazeux ou dissous dans l'éther, sur l'undécylénate pur ou lui aussi dissous dans l'éther. Il est presque insoluble dans l'éther et facilement recristallisable dans l'alcool ou le benzène.

La composition correspond à $C_{12}H_{22}O_5N_2$. La présence d'un groupe nitrosé vrai, dimérisé à l'état solide, est attestée par la coloration verte du liquide de fusion et des solutions chaudes ([3]). Le spectre infrarouge met en évidence les groupes nitré (1391 et 1562 cm^{-1}) et ester (1744 cm^{-1}). En dehors des bandes de déformation et d'oscillation des C-H (environ 1450 et 2900 cm^{-1}), ce spectre présente en outre deux bandes (1098 et 1193 cm^{-1}), peut-être attribuables au groupe nitrosé. L'absence de renseignements sur les spectres Raman ou infrarouge des dérivés nitrosés ne nous a pas permis de le vérifier.

L'hydrolyse par l'acide sulfurique à 45 %, à reflux, fournit l'acide sébacique avec un rendement de 85 %. Cette dégradation peut s'interpréter ainsi :



La phase (3), postulée déjà par Jegorow, et qui fait intervenir une rupture de liaison C—C, est à rapprocher de l'instabilité de l'acide nitroacétique ([4]) :



D'autre part, l'action de l'eau, à 160°, fournit du nitrométhane et de l'acide sébacique, avec un très bas rendement d'ailleurs. Ceci correspond à un arrêt de l'hydrolyse au stade (3), et montre que les groupes nitrosé et nitré sont bien situés sur les atomes de carbone 10 et 11, respectivement, résultat

([3]) *Cf.* par exemple : DEGERING, *Organic nitrogen Compounds*, Ypsilanti, 1945, p. 109-110, 150-152.

([4]) STEINKOPF, *Ber*, **42**, 1909, p. 3925.

conforme aux règles d'addition formulées par Lévy ([2]) : l'atome de carbone le moins substitué (ici l'atome terminal, primaire) porte un groupe nitré.

Il est remarquable que le groupe nitrosé soit porté par un atome de carbone secondaire. Généralement une telle disposition entraîne l'isomérisation irréversible en oxime (réaction 1); mais quelques cas sont connus, où la dimérisation du dérivé nitrosé retarde à l'état solide son isomérisation. La stabilité du nitro-nitroso-undécanoate de méthyle n'excède pas quelques mois, à froid, ou quelques heures à des températures voisines de la température de fusion. Il se forme une huile jaune, semblable à l'huile résiduaire de la nitration, et présentant comme celle-ci les mêmes bandes d'absorption infrarouge que le nitro-nitroso-undécanoate, à l'exception des bandes à 1098 et 1193 cm^{-1}. Ces bandes disparaissent aussi par action de substances connues pour réagir avec le groupe nitrosé, en particulier dans les dérivés nitro-nitrosés ([2]) : par exemple, par action des bases, qui donnent une huile jaune contenant sans doute le nitro-éthylénique polymérisé, ou par action des amines aliphatiques ou aromatiques, qui donnent des huiles diversement colorées.

Les détails expérimentaux ont été publiés ailleurs ([3]). A notre connaissance, le corps décrit ici est le premier exemple de dérivé nitro-nitrosé d'un ester aliphatique, isolé et caractérisé.

GÉOLOGIE. — *Existence probable de cratères météoriques à Cabrerolles et à Faugères (Hérault)*. Note de MM. **Bernard Gèze** et **André Cailleux**, présentée par M. Charles Jacob.

Des dépressions fermées du versant S de la Montagne Noire, dont deux creusées dans les schistes et grès viséens, seraient des cratères météoriques, d'âge quaternaire assez récent. Celle de Cabrerolles se signale par une forte anomalie magnétique et, par ses dimensions (diamètre 210^m), se classerait comme la troisième du monde.

On sait que les cratères attribués à l'impact de grosses météorites sont fort rares dans la topographie terrestre : huit cas jusqu'ici connus ([1]). Or certaines dépressions fermées, signalées par l'un de nous près de l'extrémité orientale du versant méridional de la Montagne Noire, paraissent relever d'une telle origine ([2]).

La dépression de Cabrerolles, dénommée Le Clot, et sur laquelle notre attention a été attirée originellement par l'observation stéréoscopique de photographies aériennes, s'ouvre 1^{km} environ au Sud-Sud-Est du village, dans les schistes et grès viséens. Tronquant franchement 2 petits ravins quaternaires, elle s'enfonce à 50^m au-dessous d'une vieille surface

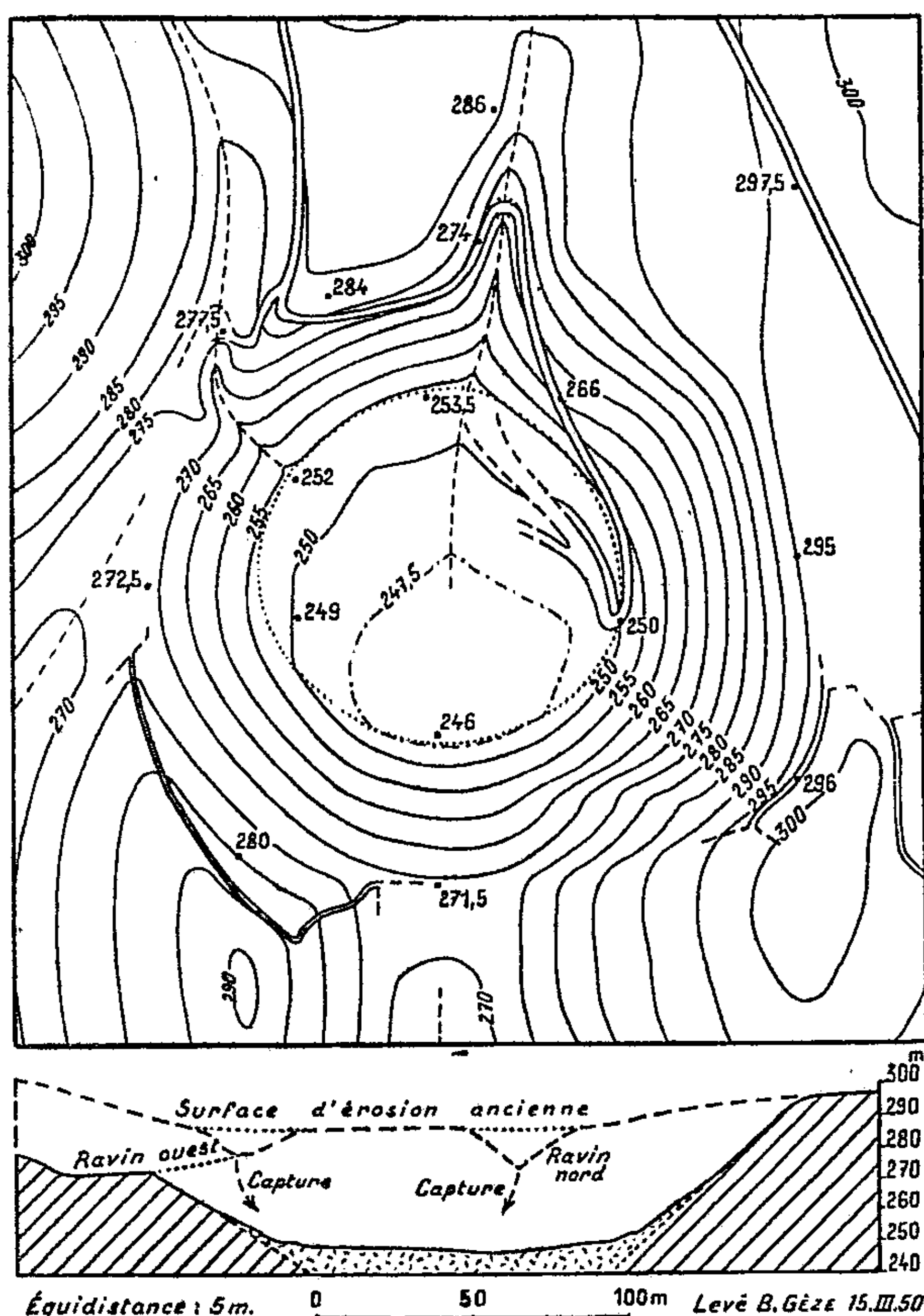
([3]) Ourisson, Diplôme d'Études Supérieures, Paris, 1949.

([1]) D. J. Guppy and R. S. Matheson, *Journ. Geol.*, 58, jan. 1950. p. 30-36.

([2]) B. Gèze, *Bull. Soc. languedocienne de Géogr.* 2e série, 18, 1947, p. 90-96, 3 fig.

d'érosion, probablement pliocène. Presque ronde, elle présente des diamètres de 200 à 220^{m} à son ouverture, de 100 à 110^{m} au niveau de son fond sensiblement plat, entre des versants abrupts, tantôt de roche en place, tantôt tapissés d'éboulis.

5^{km} à l'Est-Nord-Est (300^{m} au Sud-Est de la gare de Faugères) se trouve une dépression analogue, quoique plus petite (diamètre supérieur : 50 à 60^{m}, profondeur maxima : 23^{m}). Creusée également dans les schistes et les grès viséens, elle tranche à l'emporte-pièce à la fois la surface pliocène et le haut du versant d'un profond ravin quaternaire.



Cratère présumé météorique du Clot de Cabrerolles.
Altitudes relatives exactes. Altitude absolue du point 295, qui a servi de base, déterminée à l'altimètre.

D'autres dépressions fermées s'observent au voisinage : deux immédiatement à l'Ouest du village de Faugères (diamètres : 65 à 80^{m} et 50 à 65^{m}, profondeurs maximum : 28 et 20^{m}), une 900^{m} au Nord-Est de Faugères (diamètre 45 à 50^{m}, profondeur maximum : 9^{m}), une, et peut-être deux, 1400^{m} au Nord-Nord-Est du même village (pour la plus certaine, diamètre 15^{m}, profondeur 5^{m}), mais comme elles sont creusées dans les calcaires dévoniens, une origine karstique ne saurait être ici exclue *a priori*.

Plusieurs raisons nous semblent plaider en faveur de l'origine météorique :

1° Impossibilité d'une origine karstique pour les deux premières, creusées dans des roches exclusivement silico-alumineuses et à des distances de 600 à

1000^m des calcaires les plus proches, aussi bien en surface que, vraisemblablement, en profondeur.

2° Existence, autour de la dépression de Cabrerolles et à son intérieur, d'une anomalie magnétique atteignant en déclinaison une dizaine de degrés.

3° Nombreuses similitudes de formes avec le Meteor Crater de l'Arizona [3]: ouverture assez régulièrement arrondie, versants abrupts, fond généralement plat.

4° Absence presque totale de dolines dans les calcaires dévoniens des Monts de Faugères, en dehors des dépressions signalées. Celles-ci se groupent grossièrement, avec celle de la gare de Faugères, sur un même alignement SSW-NNE comparable à celui d'un chapelet de trous de bombes, long de 2500^m, ce qui plaide en faveur d'une origine commune, par chute d'un bolide fragmenté. Seul, l'élément métallique le plus important serait tombé isolément, près de Cabrerolles, 5000^m à l'Ouest-Sud-Ouest du groupement de Faugères, creusant un cratère qui se classerait par ses dimensions, comme le troisième du monde, immédiatement après le Meteor Crater (1200^m) et le Wolf Creek Crater (850^m).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action de l'alliinase et sur le dédoublement de la substance mère de l'essence d'ail ou alliin.* Note (*) de MM. **Albert Guillaume** et **Jean A. Wadie**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'alliinase, ferment des gousses d'ail, agit sur la substance mère de l'ail ou alliin, qui n'est pas un glucoside, mais un acide aminé-sulfuré, en donnant du sulfure d'allyle, de l'acide péruvique et de l'NH_3 : ce ferment agit également, mais partiellement, sur le glucoside du raifort. De même l'alliin, en l'absence d'alliinase, peut être décomposé en partie par la myrosine de la moutarde blanche.

L'alliinase, ferment de l'ail, agit non sur un glucoside, ainsi qu'on l'avait cru d'abord [1] et [2], mais sur une substance mère, l'alliin, constituée par un acide aminé-sulfuré, en produisant l'essence d'ail formée surtout de sulfure d'allyle. Nous voudrions montrer que l'alliinase peut agir également sur le glucoside du raifort et que l'alliin peut être dédoublé par la myrosine de la moutarde blanche.

Disposant de racine de raifort (récoltée en 1933) nous avons constaté que la poudre de cette racine avait perdu sa myrosine, coagulée par dessiccation. Titrage de l'essence 0,028 %. Par contre, elle a conservé son glucoside. En effet, additionnée de farine de moutarde blanche (0,50 pour 5^g de poudre de

(3) Emm. de Margerie, *Ann. de Géogr.*, 22, 1913, p. 172-184, 3 fig.

(*) Séance du 12 avril 1950.

(1) Arth. Stoll et E. Seebeck, *Expérientia*, 8e série, 31, 1947, p. 114 et *Helvetica Chimica Acta*, 31, fasc. 1, 1948, p. 189; 32, fasc. 1, 1949, p. 197; 32, fasc. 3, 1949, p. 866.

(2) C. Rundquist, *Pharmaceutiskt Notisblad*, 18, 1909, p. 323.

raifort), elle donne $1^g,019$ % d'essence due uniquement au raifort, car Em. André ([3]) a montré que l'essence de moutarde blanche est *fixe*, donc non entraînée à la distillation.

En titrant l'essence dans l'ail par le procédé de l'un de nous ([4]) et en opérant le titrage sur un mélange ail + raifort (ail qui intervient par sa substance mère, l'alliin, et par son ferment, l'alliinase, raifort seulement par son glucoside), nous avons opéré ainsi : sur 10^g de gousses d'ail, écrasées au mortier; macération d'une heure dans un ballon fermé avec 100^{cm^3} d'eau distillée; distillation dans 10^{cm^3} d'ammoniaque. Titrage avec NO_3Ag N/10 par le procédé classique : *a.* sur les gousses d'ail privées d'écaille. Titre en essence : $2^{cm^3},1$ NO_3Ag N/10 $\times$ 0,0057 = 0,0165, soit 0,165 %; *b.* sur le mélange ail + raifort : $5^{cm^3},7$ NO_3Ag N/10. De cette quantité de solution utilisée on peut déduire que l'alliinase agit à la fois sur la substance mère de l'essence d'ail et sur le glucoside du raifort. Dans quelle proportion sur ce dernier? En retranchant de la quantité de NO_3Ag N/10 combinée celle qui se rapporte à l'ail, on trouve 3,6 correspondant au raifort, ce qui donne 3,6 $\times$ 0,00495 = 0,01782 pour 5^g de poudre, soit 0,316 %.

Donc l'alliinase doit agir sur le glucoside du raifort en même temps que sur l'alliin de l'ail, mais elle est moins active que la myrosine de la moutarde blanche qui nous avait donné (*voir* plus haut) $1,^g019$ % d'essence se rapportant uniquement au raifort.

La moutarde blanche renferme plus de myrosine que la moutarde noire et offre sur cette dernière, pour nous ici, l'immense avantage en agissant sur le glucoside, de produire un sénevol non volatil. Donc en opérant sur le mélange ail + moutarde blanche (10^g d'ail, 0,50 *sinapis alba*), l'essence d'ail seule passera à la distillation lors du titrage. Mais pour que l'essai puisse se faire, il faut que l'alliinase soit éliminée (ce que nous avons réalisé en soumettant l'ail à l'étuve à 70° pendant deux heures : le ferment est détruit, la substance mère n'est pas touchée).

Nous avons obtenu : sur 10^g d'ail traité. Titre en essence : 0,7 NO_3Ag N/10, soit 0,0039 d'essence; sur 10^g ail + 0,50 moutarde blanche. Titre en essence : 2,2 NO_3Ag N/10.

Donc la myrosine de la moutarde blanche semble avoir agi à la fois sur le glucoside de la moutarde dont l'essence fixe n'intéresse pas le titrage, et sur l'alliin de l'ail puisque la quantité de NO_3Ag combinée est plus grande dans le second cas que dans le premier. La quantité de NO_3Ag correspondant à la formation d'essence d'ail en plus : (2,2 — 0,7 = 1,5) $\times$ 0,0057, donne 0,0085.

Si l'alliinase n'avait pas été détruite, l'ail aurait donné (en tablant sur environ 0,165 %) 0,016 d'essence. La myrosine qui l'a remplacée n'en a

---

([3]) *C. R., Acad. Agr.*, 1949, p. 199.

([4]) A. GUILLAUME et H. BEGON, *Annales pharmaceutiques françaises*, 2, 1944, p. 9-14.

donné que 0,008, donc moitié moins. Mais néanmoins elle a dédoublé la substance mère de l'ail puisque les résultats dans les deux cas sont différents.

En somme, l'alliinase peut agir non seulement sur l'alliin de l'ail, mais aussi sur le glucoside du raifort : action moins intense que celle de la myrosine, puisque la teneur en essence obtenue est plus faible. De même l'alliin peut être dédoublé, en l'absence d'alliinase, par la myrosine de la moutarde blanche, mais là aussi le dédoublement n'est que partiel.

PHYSIOLOGIE. — *L'iodémie d'un Cyclostome marin* (Petromyzon marinus *L.*) *au moment de sa migration reproductrice.* Note de MM. **Maurice Fontaine** et **Jacques Leloup**, présentée par M. Paul Portier.

Mise en évidence de l'iodémie très basse de la Lamproie marine au moment de sa montée reproductrice, caractère qui l'oppose nettement aux Poissons migrateurs potamotoques précédemment étudiés. Ce résultat est rapproché d'autres observations antérieures et leur signification dans le développement phylogénétique de la fonction thyroïdienne est envisagée.

Des travaux antérieurs ont mis en évidence certains caractères biochimiques du sang de *Petromyzon marinus* qui différencient nettement cette espèce des Poissons et, avec elle, probablement, tout le groupe des Cyclostomes (1).

L'étude de son iodémie révèle une nouvelle caractéristique qui traduit vraisemblablement une différence de fonctionnement physiologique entre la Lamproie marine et les poissons migrateurs potamotoques, à une même étape de leur cycle vital.

Rappelons en effet que le Saumon et l'Alose présentent, lors de leur montée reproductrice dans les fleuves, une iodémie et une teneur en iode *protéique* et *thyroxinien* très élevées. Or, capturant dans la Loire, entre Nantes et Montsoreau, des Lamproies marines *à la même époque* (mars) et *à la même étape de leur migration*, alors qu'elles viennent aussi de quitter les eaux marines pour pénétrer dans les eaux douces, nous observons des iodémies (2) et des teneurs en iode *protéique* et *thyroxinien* très basses. Les valeurs obtenues, exprimées en γ d'iode pour 100^{cm^3} de sérum, sont réunies dans le tableau ci-dessous et confrontées avec les valeurs moyennes obtenues chez les poissons potamotoques étudiés.

---

(1) M. Fontaine, *Revue Scient.*, 76, 1938, p. 335.

(2) Les dosages d'iode sont effectués par la même méthode que celle qui est utilisée pour l'étude de l'iodémie des Poissons. (F. Lachiver et J. Leloup, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1128.)

Lamproie marine (*Petromyzon marinus* L.

N°	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.		Saumon.	Alose.
Sexe.....	♀.	♀.	♀.	♀.	♂.	♂.	♂.	Moy.	Moy.	Moy.
Iode total.........	5,4	9,2 (*)	7,2 (*)	5,4	6	6	5,6	6,4	129,4	428
» *protéique*....	2,65	4,6	3,6	2,4	–	–	2,6	3,15	27,6	39,7
» *thyroxinien*..	–	1,65	1,35	2	–	–	2,6	1,9	19,6	35,7

(*) Le sérum des femelles 2 et 3 était légèrement hémolysé, ce qui peut expliquer les chiffres supérieurs obtenus pour l'iode total et l'iode *protéique*.

Cette iodémie très basse, cette faible teneur en hormone tyroïdienne comparativement à celles trouvées chez des Poissons dont le cycle de migration est comparable, suggèrent l'existence de différences importantes, au moins quantitatives, dans le fonctionnement thyroïdien de ces deux groupes. Elles doivent être rapprochées de deux ordres de faits qui militent en faveur de cette même opinion :

D'une part, l'impossibilité de provoquer ou d'accélérer la métamorphose de l'Ammocoete par les substances qui provoquent ou accélèrent la métamorphose des Batraciens. C'est ainsi que Jensen utilisant l'iodothyrine, Remy l'iodothyrine et l'iodoforme, Marine une solution de Lugol, Horton l'iodoforme, l'iode, l'iodure de potassium, l'extrait thyroïdien de mouton, Stokes la thyroxine et la poudre de thyroïde, Leach des préparations iodées et thyroïdiennes n'obtiennent aucun effet sur la métamorphose ou la consommation d'oxygène de l'Ammocoete.

D'autre part le fait que Reese ([3]) n'a pu trouver trace de thyroïde chez la Lamproie marine adulte au moment de sa reproduction, alors qu'il la décrit parfaitement chez d'autres espèces ([4]).

Il semble donc, d'après ces travaux et d'après notre étude de l'iodémie de la Lamproie marine, que nous assistions chez cette espèce et probablement chez les Cyclostomes à la naissance phylogénétique de la fonction thyroïdienne qui n'a pas encore acquis l'importance qu'elle manifeste chez les Vertébrés plus évolués. Cette hypothèse est en accord avec les expériences de Gorbman et Creaser ([5]) qui, utilisant l'iode radioactif I^{131}, constatent que ce corps se fixe électivement dans certaines cellules de l'endostyle de la Lamproie, alors que l'endostyle des Prochordés (Ascidies, Amphioxus) est incapable d'une telle fixation.

([3]) *Proc. Ac. Nat. sci. Phila.*, 54, 1902, p. 85.

([4]) D. Marine (*J. Exp. med.*, 17, 1913, p. 374), décrit la thyroïde au moment de la maturité génitale, mais chez *Petromyzon marinus dorsatus* (Wilder) qui vit uniquement en eau douce.

([5]) *J. Exp. Zool.*, 89, 1942, p. 391.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur les Insectivores (Erinacéidés) des genres* Erinaceus *et* Palerinaceus. Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'étude anatomique de la dentition et du squelette met en évidence que le grand Insectivore du Miocène d'Espagne, décrit par M. Crusafont Pairó et J. F. de Villalta sous le nom de *Palerinaceus vireti*, est, en réalité, un Hérisson (*Erinaceus*).

Comme l'a montré G. Cuvier, voici plus d'un siècle, les dents sont, peut-être, les organes du corps qui nous renseignent le mieux sur l'organisation tout entière d'un Animal.

En ce qui concerne le Hérisson (*Erinaceus*), G. E. Dobson, autrefois, en 1882, puis moi-même, de 1934 à 1949, nous avons insisté sur la morphologie des deux premières molaires supérieures (M^1 surtout) de cet Erinacéidé (M^3 étant fort réduite) : à l'état non abrasé, elles présentent toujours quatre cuspides aiguës, deux externes et deux internes, et une cuspide intermédiaire, la postérieure (métaconule), beaucoup plus mousse et plus petite que les quatre autres; de la cuspide intermédiaire antérieure (protoconule), on perçoit encore la trace chez les espèces les plus primitives du genre : *Erinaceus intermedius* Gaillard, du Miocène de France, et *Erinaceus algirus* Duv., actuel dans le sud-ouest européen et en Afrique (¹). Au point de vue de leur formule cuspidienne, les molaires du Hérisson sont donc très proches des molaires mammaliennes archaïques, sextuberculées (²), dont elles dérivent par effacement progressif de la rangée intermédiaire de tubercules (³).

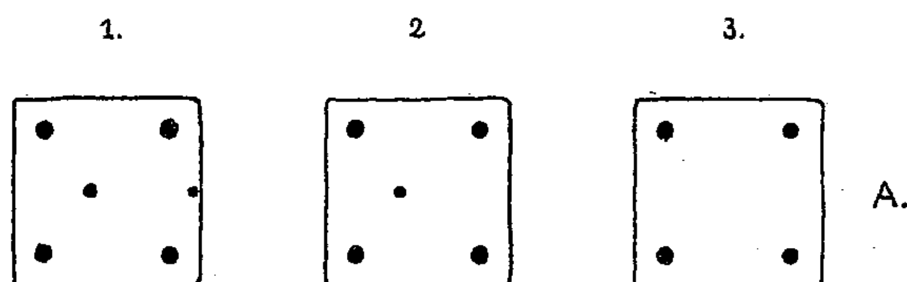


Schéma de la première molaire supérieure, M^1, de quelques Érinacéidés.

1. *Erinaceus intermedius* Gaillard, du Miocène de France. — 2. *Erinaceus europæus* L., actuel en Europe. — 3. *Palerinaceus edwardsi* Filhol, de l'Oligocène supérieur de France. A. côté antérieur. Les cuspides intermédiaires, comme le plus souvent, sont décalées vers l'avant, par rapport aux externes et aux internes correspondantes; noter leur réduction en 1 et, surtout, en 2 (*Erinaceus*), leur disparition en 3 (*Palerinaceus*).

Le *Palerinaceus* est un petit Erinacéidé éteint de l'Ancien Monde, voisin de l'*Erinaceus*; au point de vue de sa dentition supérieure, on n'en connaît, avec

(¹) *Annales de la Société géologique du Nord*, 64, 1939, p. 59, *fig.* 1.

(²) *Publications du Muséum*, Paris, 1, 1933, p. 123.

(³) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1622.

certitude, qu'une seule espèce, *Palerinaceus edwardsi* Filhol, de l'Oligocène (Aquitanien) d'Europe. Ses molaires supérieures 1 et 2 ne possèdent plus que quatre cuspides, deux externes et deux internes, la rangée cuspidienne intermédiaire étant complètement effacée ([4]). Il s'agit donc d'un genre plus éloigné de la souche ancestrale que l'*Erinaceus* encore vivant. *C'est un exemple, à ajouter à beaucoup d'autres, de la persistance actuelle de formes primitives, alors qu'ont disparu des formes extrêmement voisines mais beaucoup plus évoluées* ([5]).

Dans une étude récente ([6]), M. Crusafont Pairó et J. F. de Villalta ont décrit un nouvel Erinacéidé du Miocène supérieur (Pontien) de Viladecaballs, en Catalogne, qu'ils hésitent à placer dans le genre *Erinaceus* ou dans le genre *Palerinaceus*. Cependant, M^2, la seule molaire supérieure non abrasée, *possède un vrai métaconule très détaché* dont la présence suffit à éliminer le genre *Palerinaceus*. La forme des canines et des prémolaires, les proportions du crâne, la grande taille de l'Animal, qui dépasse celle du Hérisson d'Europe, éloignent également ce fossile du *Palerinaceus* pour en faire un *Erinaceus*.

Les traits morphologiques du Hérisson de Viladecaballs rapportés, par ses auteurs, au genre *Palerinaceus* appartiennent également au genre *Erinaceus*. Les uns sont des caractères variables avec les espèces, tels : la forme des incisives, le rétrécissement de la voûte palatine vers l'avant, le contour du *foramen magnum*, la largeur de l'apophyse coronoïde; les autres varient avec les individus d'une même espèce, tels : la largeur des os nasaux, la présence d'une crête sagittale, plus nette chez les mâles et les sujets âgés. De ceci il résulte que l'*Erinaceus* fossile n'est pas de l'espèce *europaeus* L. Mais le genre *Erinaceus*, uniquement de l'Ancien Monde, comporte un très grand nombre d'espèces qui se distinguent, non seulement par des caractères extérieurs, pour les formes actuelles, mais aussi par des caractères ostéologiques ([7]). Le grand *Erinaceus* de Viladecaballs, qu'on ne saurait identifier au Hérisson d'Europe, constitue, sans aucun doute, une espèce éteinte.

En somme, le travail de M. Crusafont Pairó et J. F. de Villalta est une contribution intéressante à l'histoire paléontologique, assez peu connue, des Erinacéidés. Toutefois, l'Insectivore du Pontien de Catalogne est un *Erinaceus*, l'*Erinaceus vireti* Crus. et Vil., et nullement un *Palerinaceus*.

([4]) *Archives du Muséum*, Paris, 11, 1934, p. 139.

([5]) *Sciences naturelles*, 1, 1939, p. 140.

([6]) *Eclogæ geologicæ Helvetiæ*, 40, 1947, p. 320.

([7]) M. Friant, *Catalogue des Collections d'Ostéologie du Service d'Anatomie comparée du Muséum*. Paris, 1943, 56 p., 21 fig.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Lyse du cilié* Glaucoma piriformis *par les alcools. Influence de la longueur de la chaîne hydrocarbonée et de la structure.* Note de M. **Raphaël Matalon**, Mme **Lucie Molho-Lacroix** et M. **Max Cohen**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Le cilié *Glaucoma piriformis* se prête par sa taille à des observations microscopiques, ce qui permet de suivre l'action de différents réactifs. Chaix et Baud ([1]) ont suivi ainsi la lyse de ce cilié par les acides gras. Les réactifs ici étudiés sont des alcools à chaîne droite, à chaîne ramifiée, et des alcools cycliques. Ceci a permis de reconnaître l'influence de facteurs apportés par la structure sur le phénomène de lyse.

Méthode expérimentale. — Le cilié est en suspension dans son milieu de culture constitué par l'eau de moelle ([1]). Le nombre moyen de cellules est de 100 par millimètre cube. L'organisme en suspension se maintient en vie lorsque le milieu de culture est dilué de son volume d'eau, mais en présence des alcools, une lyse plus ou moins rapide est observée peu après le mélange. Pour chaque alcool nous avons déterminé la concentration C, pour laquelle la lyse est observée 7 minutes après addition de l'alcool.

Les résultats obtenus représentés dans le tableau, mettent en évidence des différences marquées pour les concentrations C lorsque la structure de l'alcool varie :

Alcools à chaîne droite.	C (mol-g/l).	Alcools à chaîne ramifiée. Alcools cycliques.	C (mol-g/l).
Éthylique	3		
Propylique	0,625	Isopropylique	1
Butylique	0,2	Butylique tertiaire	1,13
		Amylique de fermentation	0,0545
Hexylique	0,0178	Cyclohexanol	0,072
Heptylique	0,0038	Méthylcyclohexanol (*o*, *m*, *p*).	0,0295
Octylique	0,001		

Pour les alcools à chaîne droite ces concentrations décroissent d'un alcool à son homologue supérieur. Les variations observées suivent avec une assez bonne approximation une relation qui rappelle celle de Traube ([2]) et qui régit les conditions d'adsorption aux interfaces des alcools d'une série homologue.

Il apparaît, par conséquent, que l'action de ces réactifs sur le cilié est intimement liée aux processus d'adsorption aux interfaces.

Pour les alcools à chaîne ramifiée, et les alcools cycliques, les concentrations C observées croissent aussi avec le nombre d'atomes de carbone dans la molé-

---

([1]) *Arch. Sci. Physiol.*, 1, 1947, p. 3.

([2]) *Annalen,* 265, 1891, p. 27.

cule, mais ces concentrations sont nettement supérieures à celles observées avec les alcools à chaîne droite correspondants.

Dans tous ces cas, la formation d'une couche condensée à l'interface est rendue plus difficile : d'une part, à cause de la plus grande solubilité dans l'eau de ces alcools, d'autre part, du fait de leur structure ramifiée ou cyclique.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur quelques propriétés physiologiques comparées de divers sels d'acétylcholine.* Note de M. André Debay, présentée par M. Jacques Tréfouel.

Il est donné de nouvelles preuves de l'identité d'action physiologique de divers sels d'acétylcholine. Aucune prolongation d'action ou effet-retard ne peut être actuellement retenu à l'avantage de l'un d'entre eux.

Dans des travaux antérieurs nous avons étudié la stabilité des solutions aqueuses de divers sels d'acétylcholine et nous avons conclu à l'identité des vitesses de décomposition de ces sels, en particulier du chlorure et du manganochlorure, à toutes les concentrations. Cette hydrolyse est notablement accélérée dans les solutions tamponnées ou contenant des substances étrangères [1]. Ces résultats s'accordent d'ailleurs avec ceux de E. et M. Kahane [2] et ceux d'Augustinsson [3].

Du point de vue physiologique, les essais que nous avons publiés et ceux que nous décrirons maintenant montrent que, quel que soit l'anion salifiant la base, on retrouve toujours les effets pharmacologiques comparables de l'acétylcholine.

Ainsi, à la démonstration d'un comportement chimique identique, s'ajoutent les preuves de l'identité des propriétés pharmacologiques de ces divers composés.

1° *Action hypotensive après administration sous-cutanée.* — Nous avons déjà montré que des doses équivalentes d'acétylcholine sous forme de chlorure, manganochlorure, manganobromure ou zincisulfocyanure, administrées par les voies intraveineuse et intramusculaire, produisaient chez le Chien ésériné ou non des effets hypotenseurs d'intensité et de durée comparables.

Nous avons poursuivi ces essais en injectant les produits par voie sous-cutanée. Ayant remarqué que leur résorption était plus ou moins rapide suivant le lieu de l'injection, nous avons sur un même animal pratiqué des injections sous-cutanées au même endroit et dans ces conditions nous avons obtenu des tracés suffisamment démonstratifs de l'identité des effets hypo-

(1) G. Antoine et A. Debay, *Ann. Pharm. Franc.*, 7, 1949, p. 336 et 608.
(2) *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 15, 1948, p. 1211.
(3) *Act. Physiol. Scand.*, 15, 1948, p. 46 (suppl. 52).

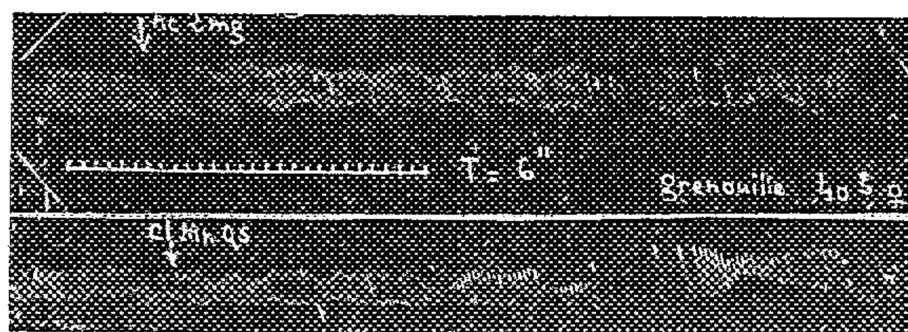
tensifs (tracé I : chutes tensionnelles après injection sous-cutanée de doses équivalentes de chlorure et de manganochlorure d'acétylcholine : Chien 5^{kg}).



Tracé I.

2° *Résorption* in vivo. — Désirant compléter l'étude de la diffusion des différents sels d'acétylcholine, nous l'avons examinée au moyen d'un test différent basé sur l'apparition de la bradycardie acétylcholinique chez la Grenouille. Le temps qui s'écoule entre le moment de l'injection dans un sac lymphatique et le début du ralentissement cardiaque rend compte de la vitesse de diffusion des produits.

Le tracé II montre une vitesse de diffusion identique pour le chlorure et le manganochlorure d'acétylcholine, la bradycardie survenant après un temps de latence identique.



Tracé II.

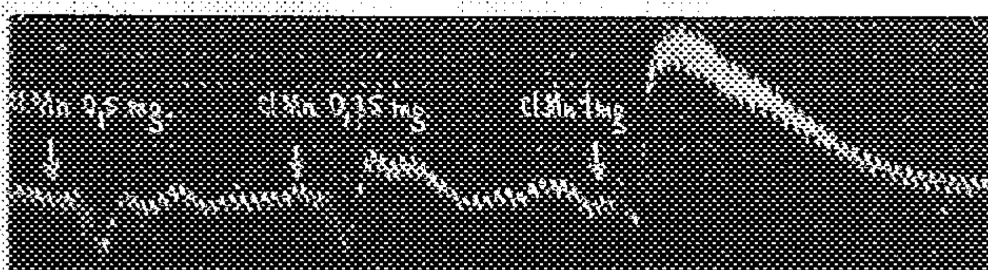
3° *Action nicotinique chez le Chien atropinisé.* — L'identité des effets muscariniques de ces sels nous semblant établie, il nous a paru intéressant de démontrer également l'identité de leurs effets nicotiniques.



Tracé III.

Le tracé III montre qu'il en est bien ainsi sur le Chien atropinisé (Chien 7^{kg}). Il existe une dose-seuil, variable suivant l'animal, au-dessous de laquelle l'hypertension nicotinique ne se manifeste pas. Cette particularité rend possible une estimation rapide de la teneur en acétylcholine d'une solution aqueuse d'un de ses sels.

Le tracé IV illustre le procédé en montrant l'intensité croissante de l'hypertension nicotinique en fonction de la dose injectée.



Tracé IV.

Ces essais apportent de nouvelles preuves de l'identité d'action physiologique des divers sels d'acétylcholine, qu'il s'agisse des effets muscariniques ou des essais nicotiniques.

Ces sels, diffusant de la même façon dans les tissus et produisant des effets hypotensifs identiques, quelle que soit leur voie d'administration, aucune prolongation d'action ou effet-retard ne peut, dans l'état actuel de l'expérimentation, être retenu à l'avantage de l'un d'entre eux.

BACTÉRIOLOGIE. — *Conservation du Virus poliomyélitique chez le Mérion* (Meriones shawi). Note de MM. **Georges Blanc** et **Louis-André Martin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le Mérion (*Mériones shawi*) s'infecte aisément avec le virus de la poliomyélite; il est probable que d'autres rongeurs peuvent également être réceptifs à ce virus et constituer un réservoir de poliomyélite, ce qui permettrait d'expliquer bien des points obscurs dans l'épidémiologie de cette redoutable maladie, en particulier l'apparition des cas humains sporadiques.

Nous avons montré précédemment la réceptivité du Lapin au virus poliomyélitique et indiqué qu'au début de nos recherches expérimentales en 1947, nous avions utilisé le Mérion (*M. shawi*) et que c'est en partant des organes de ce rongeur inoculé, soit avec du virus isolé de malades, soit avec du virus passé par singes que nous avions pu infecter le Lapin [1] [2].

Au cours d'expériences ultérieures nous avons constaté la longue persistance du virus chez le Mérion infecté et l'infection des mérions nés de parents infectés.

Les quelques expériences suivantes précisent ces données.

Conservation du virus chez le Mérion inoculé. — Nos premières recherches nous avaient permis de retrouver le virus chez le Mérion 11, 23 et 29 jours après l'inoculation. Puis nous l'avons isolé d'un mérion inoculé par voie transorbitaire avec de la moelle de singe mort de poliomyélite, 133 jours plus tard. La moelle de ce mérion se montra viru-

---

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 242.
(2) *Archives Inst. Pasteur Maroc*, 4, 1950, 19 (sous presse).

lente pour le Lapin et la souche isolée identique à celle provenant directement du Singe. Dans une autre expérience nous avons infecté un mérion par inoculation de moelle de singe mort de poliomyélite, fait deux autres passages de mérion à mérion et retrouvé le virus 110 jours plus tard. Le virus se montra virulent pour le lapin et identique au virus isolé directement du singe et passé par lapin.

Une troisième expérience fut faite avec un virus déjà fortement adapté au lapin. Un mérion est inoculé avec la moelle d'un lapin, 24e passage d'un virus issu d'une moelle de macaque (*Macaca sylvanus*) mort de poliomyélite. Ce mérion est conservé pendant 20 mois, et de sa moelle est isolé un virus pathogène pour le Lapin. Les réactions d'immunité croisée permettent d'identifier ce virus à ceux que nous entretenons sur le lapin.

Recherche du virus chez les mérions nés de parents infectés. — L'expérience suivante montre la possibilité de retrouver le virus chez les mérions nés de parents infectés et restés en contact avec eux. Dans une même cage se trouvaient réunis :

1° un mérion mâle inoculé par voie transorbitaire avec un virus singe;

2° un mérion femelle inoculé par voie transorbitaire avec la moelle d'un mérion infecté.

Dans cette cage naissent, trente jours après l'introduction de la femelle, trois jeunes qui ne sont séparés des parents qu'environ deux mois plus tard.

Deux de ces jeunes mérions sont sacrifiés un mois après avoir été retirés de la cage et leur moelle inoculée à deux lapins qui réagissent l'un et l'autre. Le virus ainsi isolé est identique aux virus entretenus sur lapins au laboratoire.

Le troisième mérion, frère des deux précédents, vit en cage isolée jusqu'à l'âge de vingt-six mois environ. Il est trouvé mort sans avoir présenté les jours précédents les moindres symptômes cliniques. Sa moelle, inoculée à un lapin se montre à son tour virulente, et ce nouveau virus est, toujours chez le lapin, identique aux virus antérieurement isolés.

Nous savions déjà, par les travaux de Durand ([3]), que le Mérion était cliniquement sensible à certaines souches telle la souche Lansing, de virus poliomyélitique adapté aux rongeurs.

Les faits que nous rapportons ci-dessus montrent que le Mérion est capable de conserver pendant des mois un virus pathogène pour le Lapin sans être lui-même incommodé et qu'il peut transmettre cette infection inapparente à ses descendants.

Dans une publication récente L. E. Rector ([4]), travaillant soit avec le virus Lansing soit avec d'autres virus adaptés à la Souris, soit, ce qui est plus intéressant, avec des selles humaines de malades atteints de poliomyélite, réussit à infecter des taupes et déduit de considérations de géographie physique et humaine qu'il est possible que la Taupe joue un rôle comme réservoir du virus poliomyélitique.

Le Mérion, lui aussi animal fouisseur, fait une infection inapparente. Il conserve le virus toute sa vie et peut infecter sa descendance suivant un mécanisme qui reste à élucider.

Il est probable que, si le Mérion s'infecte aisément, d'autres rongeurs peuvent également être réceptifs et constituer un réservoir de virus, ce qui permettrait d'expliquer bien des points obscurs dans l'épidémiologie de la poliomyélite en particulier l'apparition des cas humains sporadiques.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 716.

([4]) *Arch. of Path.*, 47, 1949, p. 366.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE EXPÉRIMENTALE. — *Réalisation expérimentale de l'ictère du Muleton nouveau-né.* Note de M. **Abel Brion**, transmise par M. Gaston Ramon.

Depuis les travaux de Caroli et Bessis ([1]), et les nôtres ([2]), l'ictère hémolytique du Muleton nouveau-né peut être considéré comme dû à l'action d'anticorps anti-mulet produits par la jument mulassière au cours de sa gestation. Cependant, l'immunisation de la jument n'est pour ainsi dire jamais réalisée par une première gestation, mais au cours des suivantes, sans doute en raison de la nécessité d'une lésion placentaire tardive qui permet à l'antigène-baudet de franchir la barrière utérine, imperméable aux grosses molécules antigéniques dans les conditions normales (Brion, *loc. cit.*). D'autre part, la clinique montre que le muleton né d'une mère *tachée de jaunisse* n'est pas atteint par les anticorps avant sa naissance, mais seulement après avoir tété le colostrum, toujours très riche en anticorps, alors que son intestin présente encore une grande perméabilité [Brion, *loc. cit.*, Caroli ([3]), Bessis et Millot ([4]), Millot et Gorius ([5])].

Si une telle étiologie est exacte, il doit être possible de réaliser expérimentalement l'ictère du Muleton en immunisant la jument mulassière par des injections d'hématies d'âne, de même que l'on obtient une réactivation de l'immunisation des juments tachées de jaunisse par ces mêmes injections [Caroli et Bessis ([6])].

Nous avons préparé de la sorte une jument de neuf ans, saillie pour la première fois par le baudet en 1949. Le 3 février 1950, son sérum est exempt d'agglutinine-baudet; elle reçoit, dans la veine, les globules lavés et débarrassés de toute trace, décelable chimiquement, de plasma, provenant de 80^{cm^3} de sang d'âne.

Le 20 février, agglutination au 1/4. Nouvelle injection intraveineuse des globules de 100^{cm^3} de sang d'âne.

Le 3 mars, agglutination au 1/8. Pendant l'injection intraveineuse de la suspension d'hématies d'âne, un violent choc se produit, avec dyspnée, respiration pompante, affolement du cœur, titubation, puis, peu après, rejet d'excréments liquides. Lorsque tout est rentré dans l'ordre, l'injection des globules restant est faite dans le péritoine.

Le 8 mars, agglutination au 1/512.

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 969-971.

([2]) *Rev. Path. Comp.*, **52**, 1947, p. 317-321; *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1614-1616; *Rev. Méd. Vét.*, **100**, 1949, p. 229-235; *Soc. Biol.*, 11 juillet 1949 (sous presse), *Ve Congrès Intern. Zootechnie*, 1949, Paris, p. 79-83; *Rev. Immunol.*, **13**, 1949; p. 325-337 (avec P. Goret).

([3]) *Rec. Méd. Vét.*, **125**, 1949, p. 535-553.

([4]) *Bul. Acad. Vét.*, **22**, 1949, p. 292-293.

([5]) *Rev. Path. Comp.*, **50**, 1950, p. 85-105.

([6]) *Rev. d'Hématol.*, **2**, 1947, p. 221-222.

Le 18 mars, même taux d'agglutination. Injection intrapéritonéale des globules de 100^{cm^3} de sang d'Ane.

Les 3, 6, et 12 avril, on peut retirer de la mamelle un peu de précolostrum qui agglutine au 1/6.

La jument met bas le 19 avril à 7 heures un superbe muleton, très bien constitué, vigoureux. A ce moment, le sérum de la mère agglutine au 1/256, son colostrum au 1/500000, tandis que le sérum du muleton n'agglutine que non dilué. Le sang de ce dernier contient 7 320 000 hématies au millimètre cube.

Le muleton est abandonné à sa mère, qu'il tète avidement à plusieurs reprises au cours de la matinée.

Dans le début de l'après-midi, il paraît moins gai, reste longuement sans bouger, la tête basse, ne fait que de faibles efforts de succion pour téter. Ses muqueuses pâlissent et jaunissent. A 15 heures, il n'a plus que 1 300 000 globules rouges, et son urine, recueillie par sondage, est fortement colorée en rouge vineux : riche en hémoglobine, elle ne contient pas d'hématies. Le sérum agglutine au 1/128.

A 20 heures, le taux des hématies est descendu à 1 000 000. Le muleton est de plus en plus prostré; il reste étendu sur le sol; son cœur et sa respiration sont accélérés. Les lèvres sont agitées de trémulations. La mort survient dans la nuit à 3 heures du matin, soit 20 heures après la naissance.

L'autopsie montre un ictère généralisé, de teinte brique, des muscles décolorés, une exsudation hémoglobinique dans la plèvre et le péritoine, des foyers congestifs et de l'œdème dans le poumon, avec présence d'une mousse rosée épaisse dans les bronches et la trachée, de la splénomégalie ; la vessie est remplie d'une urine rouge bordeaux, hémoglobinurique, non hématurique.

Nous avons donc observé chez ce muleton les symptômes et les lésions absolument typiques de l'ictère du nouveau-né, sous sa forme grave, avec évolution mortelle en moins de 24 heures. Comme cet ictère ne se développe jamais sur le premier produit d'une jument mulassière, nous sommes autorisé à penser que nous avons créé expérimentalement la maladie, d'abord en immunisant la jument contre les globules d'Ane, puis en laissant téter le colostrum riche en anticorps anti-mulet au muleton né sain.

Nous apportons ainsi une nouvelle et précieuse preuve de la nature de l'ictère du Muleton telle qu'elle résulte des constatations faites dans le domaine clinique. Nous nous proposons de poursuivre l'expérience en faisant de nouveau saillir la jument par le baudet, et en suivant l'évolution naturelle de l'immunisation que nous avons obtenue artificiellement.

A 15^h30^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h. L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 3 MAI 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *Sur la confirmation de la présence d'un Précambrien d'origine glaciaire en Normandie (Manche).* Note de M. **Maurice Lugeon** et Mme **Élisabeth Jérémine**.

Il existerait, dans le Cotentin, aux environs de Cherbourg, tout comme près de Granville, des formations antécambriennes présumées d'origine glaciaire.

Dans une Note d'un intérêt capital sur quelques caractères remarquables de la formation précambrienne, connue sous le nom de *poudingue de Granville*, MM. E. Wegmann, L. Dangeard et M. Graindor (1) arrivent à l'idée, à la suite de comparaisons de leurs observations locales avec des formations nordiques (Norvège, Suède, Groenland), de l'origine glaciaire de ce poudingue. Ces géologues posent le problème et attirent l'attention sur la probabilité de l'existence de formations analogues du massif armoricain.

Il nous est possible, en nous référant à nos recherches, datant de 1930, d'apporter un nouvel élément appuyant cette conception. Nous n'avons pu, à l'époque, émettre l'hypothèse sur la nature glaciaire de la formation en question, à cause du manque de termes de comparaison. C'est bien dire que le mérite de la découverte revient à nos trois confrères.

Dès les environs immédiats de Cherbourg, vers l'Ouest, s'étend une singulière formation, très cristalline, schisteuse ou gréseuse avec, par places, d'abondants galets dont la taille moyenne varie de celle d'un caillou à $0^{m},20$. Ils ne sont jamais ovoïdes ou aplatis comme des galets fluviaux ou marins. La roche renfermant ces éléments est exceptionnellement riche en séricite provenant de la recristallisation postérieure au dépôt du sédiment originel. L'ensemble a subi des actions mécaniques intenses. C'est ainsi que les galets (6 et 7) sont fortement étirés aux extrémités broyées, s'allongeant en queue, ce que pittoresquement Paul Fourmarier a appelé un *halo*.

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 979.

Ces galets, par leur forme, se différencient nettement de ceux que l'on voit dans les conglomérats cambriens du voisinage; aussi, en s'appuyant sur les dispositions tectoniques d'ensemble, l'un de nous admet que cette formation séricileuse (2) est antécambrienne, soit du même âge que celui du poudingue de Granville, opinion non partagée jadis par A. Bigot (3).

Ce dernier a déjà donné en 1890 (4) une vue d'ensemble sur les caractères du Cambrien et du Précambrien, et en 1904 (5) et (6) puis en 1929 (7), la liste des roches constituant les galets, étude reprise par l'un de nous (6). Cette dernière recherche est importante, car elle montre, sans contestation possible, que les galets sont constitués par des granites, des granulites et des microgranites inconnus dans les séries cristallines de cette région du Cotentin. Ils ne peuvent donc provenir que de loin et leur transport par l'eau paraît problématique.

Il existait par exemple, en 1930, près du point culminant d'une colline cotée 99,1, au Nord-Ouest du hameau de Benecère, à l'Ouest du village de Haineville, un bloc, utilisé pour la construction d'un mur, ayant 1^m sur $0^m,30$ avec des contours émoussés. Dans nos Notes nous avons été jusqu'à écrire *bloc erratique*.

Ailleurs, en amont du Moulin de Haut (au Sud de Brécour), les galets sont particulièrement abondants et gros. Dans une pente boisée, ils atteignent parfois $0^m,50$ de diamètre avec des formes curieuses, tronçonnées ou non. Uu pan redressé du terrain nous a alors donné l'image d'une véritable moraine.

Il nous paraît donc très possible aujourd'hui qu'il existe dans le Cotentin des formations glaciaires précambriennes dans le complexe du *Briovérien* de Barrois. C'est grâce à l'éveil donné par nos confrères rappelés ci-dessus que nous pouvons actuellement être presque affirmatifs.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *La progression de l'aridité, du desséchement et de l'ensablement et la décadence des sols en Afrique Occidentale française.* Note de M. **Auguste Chevalier**.

Depuis longtemps j'ai dénoncé la décadence des sols, le déboisement et l'aridité qui progressent rapidement en Afrique Occidentale et j'en ai signalé les conséquences. Différents savants : H. Hubert, Y. Urvoy, E. F. Gautier, Mourgues, Aubréville, Portères, J. Richard-Molard, etc., ont confirmé ce que j'avais annoncé il y a de longues années, à savoir, que le pays surtout dans les zones Nord (zone soudanaise et zone sahélienne) marche rapidement vers la désertification. Richard-Molard, dans son livre récent *Afrique Occidentale française*, a insisté sur la fragilité des sols au Sénégal, au Soudan et en Guinée.

(2) E. Jérémine, *Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, **30**, 1930, p. 46.
(3) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 515.
(4) *Mém. Soc. nation. des Sciences nat. et math. de Cherbourg*, **27**, 1890.
(5) *Comptes rendus somm. Soc. géol. de France*, 1904, p. 142.
(6) *Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, **4**, 1904, p. 895.
(7) *Livret guide de la Réunion extraordinaire de la Soc. géol. de France*, 1929, p. 31.

Dans ces pays, le paysan africain a déjà mis en culture tous les sols où peuvent se développer, mais fort mal, des plantes alimentaires qu'il avait sélectionnées et ses méthodes culturales avec des arbres et des arbustes maintenus à travers les champs, étaient loin d'être absurdes. Il laissait les champs se reposer longtemps. Aujourd'hui il est obligé de raccourcir les jachères, bien que la densité de la population qui était de 3 à 10 habitants au kilomètre carré s'accroisse actuellement. Dans d'immenses territoires il n'y a plus de terres cultivables mais des croûtes ferrugineuses superficielles ou bowals couvrant des plaines entières, par ailleurs les roches sont mises à nu par suite de l'érosion produite par des pluies violentes pendant deux ou trois mois entraînant toute la terre végétale vers les rivières, la végétation ligneuse empêchant le ravinement ayant presque disparu, soit à la suite des feux de brousse, soit de l'ébranchement des arbres du Sahel pour nourrir les troupeaux, soit souvent aussi par déboisement dû aux défrichements nouveaux et à la coupe du bois qui s'est accrue considérablement depuis l'arrivée des Européens, ce qui s'explique, car il n'existe pas sur ces pays de carburant minéral ou de force hydro-électrique organisée. On abat constamment des arbres et l'on n'en replante pas.

Je viens de parcourir sur 8000^{km} des territoires au Sénégal, au Soudan français et au Niger que j'avais explorés il y a 51 ans et je reviens effaré de l'ensablement dans le Nord et de la bowalisation dans le Sud, des progrès de l'érosion et de la décadence des sols, de la disparition de l'eau superficielle qu'il faut aller chercher parfois à 20, 50, 100 et même 250 mètres de profondeur dans certains puits; des rivières et des ruisseaux taris pendant 6 mois de l'année là où l'eau coulait encore en permanence il y a 50 ans; les galeries forestières et les rideaux d'arbres qui encadraient les rivières, les grands affluents des fleuves et même les rives du Sénégal et du Niger sont presque partout anéantis. Au cours de ce voyage j'ai encore suivi en beaucoup d'endroits sur 1000^{km} la rive gauche du Niger, entre Bourem et Gaya et j'ai constaté que le niveau des eaux du fleuve dès le mois de mars est si bas qu'on peut traverser le fleuve à gué en beaucoup de points. A cette époque le lit du fleuve est rempli de bancs de sable émergés ou de grandes îles de plantes aquatiques verdoyantes constituées en grande partie par le Bourgou (*Echinochloa stagnina* P. B.) auquel s'associent d'autres grandes Graminées flottantes et, à partir de la baisse des eaux, dressées et formant de hautes prairies : *Oryza Barthii* Chev., *Saccolepis interrupta* Stapf, *Acroceras amplectens* Stapf, etc.

A travers la prairie aquatique dont les Graminées sont exploitées par les riverains du fleuve, par les nomades, pour nourrir leurs troupeaux, se dressent de hautes Légumineuses dominant la prairie et dont le pied plonge aussi dans l'eau : *Mimosa asperata* L. (en buissons épineux), *Herminiera elaphroxylon* G. et P. (commun autrefois à Kolo, près Niamey, disparu aujourd'hui par défrichement), *Sesbania punctata* DC., *Æschynomene uniflora*

E. Mey. et *A. crassicaulis* Harms. Des Convolvulacées et des *Vigna* aquatiques grimpent aussi sur les herbes et entrent dans la composition de ces prairies submergées à la base et qui prennent une extension considérable. On peut prévoir que dans quelques décades, si des mesures efficaces ne sont pas prises, le Niger, depuis Tombouctou jusqu'à la jonction de la Benoué, ne sera plus presque partout pendant 6 mois au moins qu'un faisceau de ruisseaux coulant entre des bancs de sable, des marais et des prairies aquatiques. D'autre part, les lacs de la région de Tombouctou (Faguibine, Horo, Daounas) se sont rétrécis au point de ne plus être reconnaissables par rapport à la forme qu'ils avaient quand je les vis en août-septembre 1899.

L'appauvrissement du débit du fleuve à la saison sèche ne vient pas seulement de l'eau que reçoivent les canaux de l'Office du Niger où sévit une forte évaporation, mais il résulte surtout du déboisement des rives du fleuve et de ses affluents et de la destruction presque complète des galeries forestières le long des petits cours d'eau où l'eau coulait autrefois toute l'année dans la partie sud du Soudan.

Dans la zone sahélienne, l'ensablement sur la terre ferme de la brousse et même sur les terres cultivées, surtout au Sénégal et au Niger français où l'on cultive l'Arachide, fait des progrès rapides parce que les arbres et surtout les galeries forestières le long des fausses rivières, ou même des dallols ne sont plus là pour s'opposer aux tourbillons de sables qui déferlent pendant la saison sèche, apportés du Sahara par les alizés continentaux qui se laissent capturer par l'harmattan, le fameux vent d'Est qui sévit en Afrique occidentale et même parfois dans la forêt dense pendant environ 6 mois. Dans la région intermédiaire, au contraire (zone soudanaise), se manifeste la latéritisation, tantôt par la formation de carapaces ferrugineuses superficielles (bowals), tantôt sur les pentes, l'érosion pendant la saison des pluies violentes enlevant toute la terre végétale superficielle et mettant à nu le sous-sol stérile rempli de grains de sable grossiers ferruginisés. Parfois même ces sols dégradés sont complètement emportés par le ruissellement et ils s'accumulent au pied des Monts Mandingues ou des falaises des grès du Niger formant des accumulations de terre rouge ferrugineuse sans valeur culturale; les pluies lavent du reste cette terre et pendant l'hivernage entraînent le peu d'humus vers les cours d'eau, les fleuves et même les dallols. Cette dégradation des sols en Afrique Occidentale résulte surtout du déboisement qui s'est très intensifié depuis 50 ans sur presque toute l'Afrique occidentale, depuis le Sahara jusqu'à la forêt dense.

La savanisation pénètre déjà amplement dans la forêt. Les sables arrivent même en des secteurs où existait la forêt et des bowals se voient même en certains points au Sud du 8e parallèle. Les vents de sable, en saison sèche, sont parfois si chargés qu'ils causent une opacité de l'atmosphère qui empêche de voir le paysage à 50m de distance quand on voyage en voiture. Cette opacité

était moins grande autrefois, car il y avait presque partout des arbres pour arrêter les poussières.

Dans la presqu'île du Cap Vert, aux environs de Dakar, se trouvent la plupart des Niayes, sortes de petits lacs d'eau douce qui fournissent l'eau à la capitale d'A. O. F. Or, les lacs peu à peu disparaissent et s'ensablent par suite des défrichements (d'épais rideaux d'arbres, de palmiers et d'arbustes les entourant). On ne respecte même plus la forêt artificielle de Casuarina établie de 1905 à 1914 qui était pourtant si utile. Même les palétuviers qui entouraient les lagunes salées sont en grande partie coupés et ne se reproduisent plus par suite de l'ensablement. Les coupes effectuées encore actuellement risquent d'avoir des conséquences catastrophiques. Si ces dévastations continuent, je pense comme M. Pitot, botaniste de l'Institut Français d'Afrique noire, que les Niayes disparaîtront rapidement et définitivement par suite du déboisement et de la baisse excessive de la nappe d'eau du sol.

En résumé, l'Afrique Occidentale Française (particulièrement Sénégal, Soudan, Guinée et probablement aussi Dahomey) a changé beaucoup d'aspect depuis 50 ans. Les sols se stérilisent, les carapaces de latérite s'étendent vers le Sud et l'ensablement progresse aussi. Il n'est pas douteux qu'il se produit dans les confins Sud du Sahara et sur la zone sahélienne et soudanaise un dessèchement climatique dû à des causes naturelles, comme il s'en est produit en Europe au Quaternaire, mais ce dessèchement et le progrès de l'aridité seraient très lents si l'homme contemporain n'intervenait pas en déboisant intensément le pays, en laissant s'étendre les feux de brousse et si l'on ne propageait pas des techniques agricoles et forestières souvent empiriques, sans études scientifiques préalables. Le système agricole des Africains d'autrefois pour se nourrir était primitif, peu perfectionné, mais il était conservateur du sol et de la végétation.

Dans une prochaine Note nous signalerons les mesures urgentes qui nous semblent indispensables pour empêcher le progrès de l'aridité et préparer une agriculture plus rationnelle.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en rubidium et autres métaux alcalins de plantes cultivées comparativement à l'air et sous l'eau.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

En examinant les centaines de déterminations quantitatives de rubidium que nous avons effectuées chez les plantes, nous avons observé, qu'en général, les espèces qui croissent dans des milieux riches en eau (espèces aquatiques ou de lieux humides) renferment de plus fortes proportions du métal alcalin que les espèces voisines développées dans des sols plutôt secs.

Comme les sols qui retiennent facilement l'humidité sont le plus souvent très argileux, que le fond des étangs et des cours d'eau est fréquemment

constitué par de l'argile, nous avons supposé dès le début de nos recherches une influence possible de l'eau et de l'argile sur l'absorption du rubidium par les plantes. Les récoltes effectuées et analysées dans la suite ont permis d'appuyer cette supposition par de multiples exemples en ce qui concerne l'influence de l'eau (1).

Nous avons trouvé d'autre part, en comparant des plantes diverses recueillies ou cultivées sur un même sol que la faculté d'absorption du rubidium varie beaucoup, toutes conditions égales d'ailleurs, d'une espèce à une autre. On pouvait donc se demander si la différence mentionnée plus haut entre les plantes hydrophiles et les plantes xérophiles tenait vraiment à l'influence du milieu sur la plante ou si elle ne résultait pas, au contraire, de ce que les espèces rencontrées dans les milieux riches en eau ne sont pas précisément celles qui ont besoin ou qui peuvent supporter le mieux des proportions relativement fortes de rubidium.

Une circonstance particulièrement favorable s'est présentée à nous de rechercher dans l'expérience une réponse à cette question. M. le Professeur Raoul Combes s'est consacré depuis longtemps, comme on sait, avec plusieurs de ses élèves, à l'étude des actions produites par les facteurs physiques sur les végétaux (2). Avec Mlle Th. Gertrude, il a même abordé les modifications que le milieu aquatique est susceptible d'apporter, non seulement à la morphogenèse, mais au métabolisme. En cultivant le Mouron d'eau (*Veronica anagallis* L.) (Scrofulariée) comparativement à l'air libre et dans un bassin rempli d'eau où cette petite plante était entièrement submergée, il a été reconnu ainsi que la substance végétale formée sous l'eau renferme plus de cendres que celle développée à l'air libre (3).

M. le Professeur Combes a bien voulu mettre à notre disposition des plantes qu'il avait mises en culture à l'air et sous l'eau, non seulement *Veronica anagallis*, mentionnée plus haut, mais aussi *Oenanthe phellandrium* L. (Ombellifère) et *Lysimachia nummularia* L. (Primulacée).

La première de ces plantes avait été semée le 12 juin 1948, sur un mélange de terre de Fontainebleau et de terreau de feuilles à parties égales. Le repiquage des plantes avait eu lieu le 13 juillet sur un sol semblable, dans des pots maintenus les uns à l'air libre, les autres immergés dans l'eau, de manière à ce que les plantes soient restées complètement recouvertes jusqu'à la fin de l'expérience, soit le 28 août. A ce moment, les plantes cultivées à l'air commençaient à fleurir, mais les plantes submergées ne portaient pas encore trace d'inflorescence.

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 598.

(2) On trouvera un bon résumé de ces travaux dans R. Combes, *La forme des végétaux et le milieu*, Paris, 1946.

(3) R. Combes et Mlle Th. Gertrude, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1107; Mlle Th. Gertrude, *Rev. Gén. de Botanique*, **49**, 1937, p. 161, 243, 328, 375 et 449.

L'Oenanthe avait été semée le 12 mai, repiquée le 27 et récoltée le 24 août. Ni l'une ni l'autre des deux sortes de cultures n'avait fleuri.

Quant à la Lysimaque, elle provenait de boutures d'une même tige mises en terre le 11 juin et récoltées le 24 août. Ces plantes n'avaient pas non plus fleuri.

Nous avons séparé les tiges et les racines de chacune des plantes qui nous avaient été remises, nous y avons déterminé le poids total des matières minérales et organiques après dessiccation à l'étuve à 105°, puis, en opérant sur tout ou partie de ces échantillons, nous avons dosé successivement les cendres, le potassium, le sodium et le rubidium. Le tableau ci-joint rassemble les résultats obtenus.

		Poids en grammes des		Poids par kilogramme sec de		
		récoltes sèches.	cendres (% de mat. sèches).	potassium (g).	sodium (g).	rubidium (mg).
Veronica anagallis (10 individus) :						
Tiges	culture à l'air.........	3,65	11,1	37,8	0,25	8,7
	» sous l'eau......	3,29	17,9	50,6	1,48	32,4
Racines	culture à l'air.........	1,01	11,2	49,6	0,39	30,6
	» sous l'eau......	0,51	14,1	52,9	1,69	30,4
Œnanthe phellandrium :						
Tiges	culture à l'air.........	13,74	12,3	20,1	0,87	8,5
	» sous l'eau......	14,48	21,2	77,0	3,09	25,9
Racines	culture à l'air.........	5,95	8,9	23,7	1,77	13,9
	» sous l'eau......	3,97	21,2	73,9	2,32	58,0
Lysimachia nummularia :						
Tiges	culture à l'air.........	6,02	9,1	21,7	0,16	9,0
	» sous l'eau......	1,71	12,7	36,3	0,99	7,6
Racines	culture à l'air.........	2,25	6,1	23,5	0,89	25,9
	» sous l'eau......	0,25	23,0	47,6	0,55	38,7

En première approximation, ces résultats confirment ceux fournis par *Veronica anagallis* et rapportés plus haut : la teneur en cendres est plus élevée dans le cas de la culture sous l'eau que dans celui de la culture à l'air libre. Ils établissent en outre que l'augmentation du poids des cendres des racines est plus grande que celle des tiges.

Considérés plus en détail, les nouveaux résultats montrent aussi que l'enrichissement de la plante sous l'influence du milieu aquatique porte, sinon parallèlement, du moins simultanément, sur les trois métaux alcalins que nous avons dosés.

Sans doute remarque-t-on que chez la Nummulaire il n'y a que $7^{mg},6$ de rubidium dans la tige de la culture submergée, alors qu'il y en a 9 dans la tige de la culture aérienne, et que, dans les racines de la même espèce, il y a moins de sodium dans la plante maintenue sous l'eau que dans celle cultivée à l'air

libre. Mais il faut tenir compte qu'en raison des circonstances expérimentales, les deux récoltes ne correspondaient probablement pas au même âge physiologique des plantes et pouvaient, dès lors, n'être pas tout à fait comparables au point de vue de leur composition chimique. On sait que, dans les conditions naturelles, la teneur des plantes herbacées en matières minérales varie du moment où elles sortent de la graine jusqu'à celui de la maturation du fruit et passe par un maximum lors de l'apparition des fleurs. Or les plantes mises à notre disposition avaient été récoltées non à l'âge de la floraison, lequel est fortement influencé par le mode de culture, mais après une durée égale de végétation.

En résumé, entre les résultats fournis, d'un côté, par l'analyse de nombreuses espèces de plantes récoltées dans les conditions naturelles de leur développement et au moment où leur composition chimique apparaît le plus comparable, c'est-à-dire au moment de la floraison, et, d'un autre côté, les résultats obtenus par la même méthode d'analyse appliquée à trois espèces cultivées comparativement à l'air libre et sous une couche d'eau, il y a un accord aussi complet qu'on pouvait le présumer. Les conclusions de la méthode de recherche basées sur l'observation des plantes normales trouvent ainsi leur confirmation dans les expériences de culture faites au laboratoire à partir de graines de lignée pure ou de bouturage d'un même individu, et l'on peut dire que l'influence favorable de la richesse en eau du milieu vital sur la teneur des plantes phanérogames en rubidium est largement établie. L'eau peut donc être considérée, tant au point de vue de son influence sur la composition chimique que sur la physiologie et la morphogenèse, comme un facteur écologique de la première importance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 224 des *Comptes rendus* (1er semestre 1947) est en distribution au Secrétariat.

Au nom de l'Union internationale pour la protection de la Nature dont il est vice-président, M. **Roger Heim** dépose le volume rédigé et présenté avec l'appui de l'UNESCO par le Secrétariat de cette Union, à Bruxelles, et qui réunit les *Procès-verbaux et Rapports* publiés à l'issue de la Conférence technique internationale pour la protection de la Nature, qui s'est tenue à Lake Success, du 22 au 29 août 1949, et à laquelle il a participé en même temps que M. **Théodore Monod.**

M. **Frederic Riesz** adresse le tome XII, partie B des *Acta scientiarum mathematicarum*, publié à Szeged, à l'occasion du soixante-dixième anniversaire de sa naissance et de celle de M. Leopold Fejér.

M. **Léon Moret** fait hommage à l'Académie d'un fascicule intitulé : *Les idées nouvelles sur l'origine des chaînes de montagnes.*

M. **Henri Besairie** adresse les *Notices explicatives* relatives aux *Cartes géologiques de reconnaissance* du Service des Mines de Madagascar dont il a fait précédemment hommage.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Aimé Cotton**, **Louis de Broglie**, pour la Division des Sciences mathématiques, **Gabriel Bertrand**, **Maurice Caullery**, pour la Division des Sciences physiques, **Lucien Cuénot**, **Pierre Lejay**, pour la Division des Membres non résidants, sont élus Membres de la Commission qui, sous la Présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *René Maire*.

CORRESPONDANCE.

M. **Pierre Teilhard de Chardin** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *René Maire*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut français d'Afrique Noire. *Première Conférence internationale des Africanistes de l'Ouest. Comptes rendus*. Tome I.

2° Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme. *Pour un plan national d'aménagement du Territoire*.

3° Confédération française pour l'Habitation et l'Urbanisme. *Onzième Congrès national d'habitation et d'urbanisme*. Toulouse, 17-22 juin 1950 (Programme).

4° Société française de Photographie et de Cinématographie. *XXXVIIIe Salon international d'art photographique de Paris, du* 14 *octobre au* 2 *novembre* 1950 (Règlement).

THÉORIE DES RELATIONS. — *Sur les types de polyrelations et sur une hypothèse d'origine logistique*. Note (*) de M. **Roland Fraïssé**, présentée par M. Gaston Julia.

I. Adoptons les définitions de deux Notes précédentes [1], et convenons d'appeler *signature* et *puissance* d'un type $\mathcal{M}$ de polyrelations, la signature des polyrelations de ce type et la puissance commune à leurs bases.

(*) Séance du 24 avril 1950.

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1682; **230**, 1950, p. 1022.

Soient M, N deux polyrelations de même base, n un entier $\geqq 0$, t une signature quelconque; l'ensemble des types des polyrelations N′ telles que (MN′) soit (n, t)-parente de (MN) sera appelé une *classe attachée au type* $\mathfrak{M}$ de M. La signature s de N sera dite *signature de la classe*.

Cette définition exige que s soit disjointe ([2]) de la signature de $\mathfrak{M}$; nous nous affranchirons de cette condition en convenant que l'on peut, *a posteriori*, changer les indices de s.

On démontre que, pour s, n, t fixes, le nombre des classes attachées à $\mathfrak{M}$ est fini.

Si le type $\mathfrak{N}$ constitue à lui seul une de ces classes, nous dirons que $\mathfrak{N}$ est *déterminable par* $\mathfrak{M}$. En ce cas, le plus petit entier n pour lequel existe une signature t permettant de définir, comme ci-dessus, la classe constituée par $\mathfrak{N}$, sera appelé le *degré de* $\mathfrak{N}$ *par rapport à* $\mathfrak{M}$.

La signature de $\mathfrak{M}$ peut être vide ([2]); en ce cas, M est identique à sa base et nous identifierons $\mathfrak{M}$ à la puissance de cette base; si un type $\mathfrak{N}$ est déterminable par $\mathfrak{M}$, il sera dit *absolument déterminable*; son degré par rapport à $\mathfrak{M}$ sera appelé son *degré absolu*.

Il est évident que toute puissance est absolument déterminable et que son degré absolu est zéro.

II. On démontre les propositions suivantes :

1. *La relation* $\mathfrak{N}$ est déterminable par $\mathfrak{M}$ *est réflexive et transitive.*

2. *Toute puissance* $\mathfrak{T}$ *est déterminable par tout type de puissance* $\mathfrak{T}$. *Si un type est déterminable par un type absolument déterminable, il est lui-même absolument* déterminable.

3. $\mathfrak{T}$ *étant une puissance et s une signature, il existe au moins un type absolument* déterminable *de puissance* $\mathfrak{T}$, *de signature s et de degré absolu au plus égal à* 1.

4. *L'ensemble des types de signature donnée, déterminables par un type donné est au plus dénombrable.*

5. *Il existe des types dénombrables absolument* déterminables *de degrés absolus* 1, 2, 3; *en particulier, si nous considérons un ordinal comme un type de relation à deux arguments, l'ordinal* ω *est absolument* déterminable *et son degré absolu est* 3.

Nous ignorons s'il existe des types absolument *déterminables* de degré absolu supérieur à 3.

6. *Si le type d'une polyrelation de la forme* (MN) *est déterminable par un type* $\mathfrak{L}$ *et de degré n par rapport à* $\mathfrak{L}$, *les types de* M *et de* N *sont déterminables par* $\mathfrak{L}$, *et de degré au plus égal à* $n+1$ *par rapport à* $\mathfrak{L}$.

7. *Si un type* $\mathfrak{N}$ *est absolument déterminable et de degré absolu* $n (n \geqq 3)$ *tout type* $(n+1)$*-parent borné* ([2]) *de* $\mathfrak{N}$ *est absolument déterminable; son degré absolu est égal à n si* $n \geqq 4$, *au plus égal à* 3 *si* $n = 3$.

([2]) *Cf.* deuxième Note citée, § 1, II.

III. Notre notion de polyrelation peut être rattachée au calcul des prédicats du second ordre ([3]). Nous nous proposons de développer prochainement ce point de vue. Il conduit à admettre que l'importante hypothèse suivante serait difficile à démontrer ou à infirmer.

HYPOTHÈSE [A]. — *Un type $\mathcal{M}$ et une signature s étant donnés, dans toute classe* Γ *attachée à $\mathcal{M}$, il existe au moins un type constituant à lui seul une classe attachée à $\mathcal{M}$.*

Cette hypothèse permet de *nommer une loi qui associe, à tout ordinal dénombrable* α *un bon ordre des entiers naturels ayant précisément l'ordinal* α.

Énonçons quelques conséquences de [A] :

[A_1]. Soient L, M, N des polyrelations de même base et de signatures disjointes, $\mathcal{U}$ et $\mathcal{V}$ les types de (LM) et de (MN); si $\mathcal{U}$ et $\mathcal{V}$ sont déterminables par un type $\mathcal{T}$, il existe une polyrelation de la forme (L'M'N') dont le type est déterminable par $\mathcal{T}$ et telle que (L'M') et (M'N') soient de types $\mathcal{U}$ et $\mathcal{V}$.

En particulier, on peut choisir M identique à sa base; cela revient à reprendre l'énoncé [A_1] en y supprimant partout les symboles M et M'.

[A_2]. Un ordinal *dénombrable* quelconque est déterminable par tout ordinal dénombrable supérieur. Si donc un ordinal dénombrable est absolument *déterminable*, tout ordinal dénombrable inférieur est absolument *déterminable*.

[A_3]. Si une classe attachée à un type $\mathcal{M}$ ne contient qu'un nombre fini de types, chacun d'eux est déterminable par $\mathcal{M}$.

[A_4]. Si deux classes attachées à un type $\mathcal{M}$ contiennent les mêmes types déterminables par $\mathcal{M}$, elles sont identiques.

[A_5]. Deux types dénombrables ω-parents bornés sont identiques (hypothèse équivalente à une autre déjà énoncée dans la seconde Note citée, IV-2).

ALGÈBRE. — *L'extension d'une* $(<,.)$ *algèbre à une* $(\Sigma^*,.)$ *algèbre*. II. Note (*) de M. **VIAKALATHUR S. KRISHNAN**, transmise par M. Jacques Hadamard.

Dans la première Note ([1]) nous avons défini l'extension L d'une $(<,.)$ algèbre P à une $(\Sigma^*,.)$ algèbre et marqué leur caractère d'extension minimale et unique. Ici nous considérons quelques exemples, et les congruences dans L et dans P [congruences pour les opérations (Σ^*) et la multiplication (.) à droite : c'est-à-dire une relation d'équivalence $\equiv$ telle que $a \equiv b \to a.c \equiv b.c$ et $a_i \equiv b_i$ pour (a_i, b_i), $a = \Sigma^* a_i$, $b \equiv \Sigma^* b_i$ dans P $\to a \equiv b$].

([3]) D. HILBERT et W. ACKERMANN, *Grundzüge der Theoretischen Logik*, Berlin, 1928, p. 100.

(*) Séance du 24 avril 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1447-1448; nous la noterons par *Note* I.

Exemples. — 1° Les *m-lattice* et *l-semi-groupe* définis par Garrett Brikhoff [2] sont $(<, .)$-algèbres avec extensions qui sont respectivement un *cm-lattice* et un *cl-semi-groupe*.

2° Soit P un ensemble ordonné partiellement par $<$ et fermé pour les produits finis (c'est-à-dire contenant avec a, b leur produit $a \wedge b$). Prenant $\wedge$ comme multiplication (.), on voit que P est une $(<, .)$ algèbre; toutes les extensions de P pour $(\Sigma^*, .)$ sont *normales*, donc l'extension L définie dans la Note I est minimale par rapport à l'ordre R^* et unique. L coïncide avec l'extension par les *idéaux* définie par H. Mac Neille [3].

3° Soit P un treillis distributif avec 0, 1 dans lequel chaque élément a possède un *complément-somme* a^* défini comme l'élément x de P minimal par rapport à la propriété $a + x = 1$. En définissant une multiplication (.) par $a.\,b = [(a \wedge b)^*]^*$, où $a \wedge b$ est le produit dans le treillis, P devient une $(<, .)$ algèbre, et même un *m-lattice* dans lequel chaque somme qui existe est distribuée par la multiplication (.). Donc l'extension Z de P s'identifie avec la famille des *idéaux complets* [définis par R. Vaidyanathaswamy [4] comme les sous-ensembles de P contenant I : b avec a si $b < a$ et II : (Σa_i) avec les $\{a_i\}$ quand (Σa_i) existe dans P]. Si P est de plus un treillis complet, alors P est isomorphe à L; il est donc une $(\Sigma^*, .)$ algèbre; il en est ainsi dans le cas où P est la famille des ensembles fermés d'un espace topologique arbitraire.

4° Soit R un anneau et S un sous-anneau de R. La famille des S-modules de R forment une $(\Sigma^*, .)$ algèbre, A.B étant le S-module minimal qui contient les produits $(a_i.b_j)$, $a_i \in A$, $b_j \in B$. Les S-modules principaux (engendrés par les éléments seuls) forment une base additive B de L. Si P est une sous-algèbre de L par rapport à (+) et (.) contenant B, alors L est isomorphe à l'extension de P définie dans la Note I. Un cas spécial de ce type est fourni par la famille P des idéaux fractionnaires dans la famille L de tous les idéaux d'un anneau R, R étant un anneau de quotients d'un anneau commutatif S avec les dénominateurs choisis dans un sous-ensemble T de S multiplicativement fermé et ne contenant pas l'élément 0 de S [5].

Les congruences dans P *et dans* L. — Nous nous bornerons au cas d'une $(+^*, .)$ algèbre P possédant aussi les éléments 0, ε, tels que

$$0 < x, \qquad 0.x = x.0 = 0 \qquad \text{et} \qquad x < x.\varepsilon, \qquad \text{pour tout } x \text{ de P}$$

---

(2) *Lattice Theory*; IIe édition, Chap. XIII, p. 200; *Amer. Math. Soc. Colloq. Publ.*, 25, 1948.

(3) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 42, 1937, *voir* § 12, et déf. 12.17, p. 449.

(4) *Proc. Ind. Acad. Sc.*, 13, sec. A, 1941.

(5) Le cas où S peut avoir des diviseurs de zéro est traité par A. I. Uzkov, *Math. Sborn.*, 22, 1948, p. 439-441; *voir* aussi *Math. Rev.*, 10, N° 2. 1949.

(donc, dans l'exemple ci-dessus, nous posons que le *m-treillis* dans l'exemple 1° et P dans l'exemple 2° possèdent les éléments 0, 1, P est un treillis distributif dans l'exemple 2°, et l'anneau R dans l'exemple 4° possède au moins un élément unité à droite qui est contenu dans S). Il en résulte que les éléments $\overline{O} = \bigwedge(0)$ et $\bar{\varepsilon} = \bigwedge(\varepsilon)$ de L ont les mêmes propriétés dans L.

Chaque congruence E dans P définit une *classe-zéro* $H = E(0)$ (classe des éléments congrus à 0), qui possède les propriétés caractéristiques : $H \in L$ et $H.P \subseteq H$. La famille des congruences ainsi associées à un tel ensemble H contient des éléments maximal et minimal qu'on peut définir directement en termes de H. Pour la $(\Sigma^*, .)$ algèbre L, la classe-zéro H a la forme simple : $H = \bigwedge(h)$, où $h.x < h$ pour chaque x de L; et les congruences maximale et minimale dont H est la classe-zéro sont définies respectivement par :

$$(1) \qquad a \equiv b \quad \text{si} \quad a + h = b + h,$$

et

$$(2) \qquad a \equiv b \quad \text{si} \quad h :: a = h :: b$$

($h :: a$ étant l'élément x de L maximal par rapport à la propriété $a.x < h$).

Finalement on a une correspondance biunivoque, $H \rightleftharpoons H^*$, entre les classes-zéro de P et de L, tels que les congruences maximales et minimales dans P dont H est la classe-zéro sont respectivement les restrictions à P (considéré comme un sous-ensemble de leur extension L) des congruences maximales et minimales dans L dont H^* est la classe-zéro.

Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques résultats relatifs à la dualité dans les espaces* $(\mathcal{F})$. Note de M. **Alexandre Grothendieck**, présentée par M. Elie Cartan.

Soient E un espace $(\mathcal{F})$, E′ son dual fort, E″ son bidual fort [1]. Les résultats suivants répondent partiellement à certaines questions posées dans [1].

Proposition 1. — *Toute partie bornée dénombrable de* E″ *est contenue dans l'adhérence faible d'une partie bornée de* E. [*Le qualificatif* faible *dans* E″ *réfère à la topologie* σ(E″, E′).]

Corollaires. — 1° E″ *est complet pour la topologie forte.*

2° *Toute partie bornée de* E″ *est relativement faiblement semi-compacte.*

3° E″ *est faiblement semi-complet.*

Proposition 2. — *Toute forme linéaire sur* E′, *bornée sur les parties bornées,*

---

(1) J. Dieudonné et L. Schwartz, *La dualité dans les espaces* $(\mathcal{F})$ *et* $(\mathcal{LF})$ (à paraître aux *Annales de Grenoble*, 1950). La terminologie est celle de cet article.

est, dans le dual algébrique de E′, *faiblement adhérente à une partie bornée de* E″.

Corollaires. — 1° *Si* E *est distingué (en particulier, si* E *est réflexif), toute forme linéaire sur* E′ *bornée sur les bornés est fortement continue.*

2° *Si une forme linéaire sur* E′ *est bornée sur les parties bornées, ses restrictions aux parties de* E′ *compactes pour* $\sigma(E', E'')$ *sont continues pour cette topologie. Si* E″ *est complet pour* $\tau(E'', E')$, *toute forme sur* E′ *bornée sur les ensembles bornés est fortement continue.*

Proposition 3. — *Toute partie convexe cerclée de* E′ *dont l'intersection avec toute partie bornée est un voisinage de l'origine pour la topologie induite par la topologie forte, est un voisinage fort de l'origine.*

Corollaires. — 1° *Pour qu'une application linéaire de* E′, *dans un espace localement convexe soit continue pour la topologie forte de* E′, *il suffit que ses restrictions aux parties bornées le soient.*

2° *Si* F *est un espace localement convexe complet, l'espace des applications linéaires fortement continues de* E′ *dans* F, *muni de la topologie de la convergence uniforme sur les parties bornées, est complet.*

Proposition 4. — *Si* E′ *est fortement séparable,* E *est distingué.*

Ces propositions se démontrent toutes indépendamment les unes des autres, et leur démonstration fait intervenir essentiellement le fait que E est métrisable. La proposition qui suit fait intervenir la proposition 2.

Proposition 5. — *Si le sous-espace fermé* F *de l'espace* ($\mathfrak{F}$) E *est distingué, le dual fort de* F *s'identifie au quotient de* E′ *fort par le sous-espace* F^0 *orthogonal à* F.

Il en est donc en particulier ainsi chaque fois que E′ est fortement séparable.

Signalons encore une proposition plus générale et plus facile, qui redonne immédiatement la réflexivité des espaces $D_{(L^p)}$ considérés par M. L. Schwartz (²).

Proposition 6. — *Soit* E *un espace localement convexe séparé dont la topologie puisse se définir comme la moins fine de celles qui rendent continues les applications* f_i, *éléments d'une famille d'applications linéaires de* E *dans des espaces semi-réflexifs* F_i. *Pour que* E *soit semi-réflexif, il faut et il suffit alors que ses parties bornées et fermées soient complètes.*

Notons enfin une simplification de notre résultat (³) : l'hypothèse de précompacité est entièrement inutile, car on montre facilement que l'espace E'_S des formes linéaires sur E dont les restrictions aux parties éléments de S sont continues, ne dépend encore que de S et de la topologie faible de E. Les corollaires 2 et 4 de (³) peuvent d'ailleurs s'obtenir facilement directement, et

---

(²) *Théorie des distributions*, 2 (à paraître prochainement aux *Publications de l'Institut de Mathématiques de Strasbourg*).

(³) A. Grothendieck, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 605.

se trouvent déjà dans ([4]). Mais donnons un autre corollaire intéressant : *Si l'espace localement convexe* E *est complet et son dual fort semi-réflexif, alors* E *est réflexif.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une famille de polynômes orthogonaux qui contient les polynômes d'Hermite et de Laguerre comme cas limites.* Note (*) de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Henri Villat.

Ci-dessous, nous montrons que les polynômes $P_n(z;\lambda,\varphi)$ définis par la formule de récurrence

$$(1)\qquad nP_n - 2[(n-1+\lambda)\cos\varphi + z\sin\varphi]P_{n-1} + (n-2+2\lambda)P_{n-2} = 0$$
$$(n=1,2,\ldots;\ P_0=1,\ P_{-1}=0)$$

où $\lambda > 0$, $0 < \varphi < \pi$, sont orthogonaux, avec le poids

$$(2)\qquad \rho(z) = Ce^{-(\pi-2\varphi)z}\Gamma(\lambda+iz)\Gamma(\lambda-iz),\qquad C=\frac{(2\sin\varphi)^{2\lambda}}{\pi\Gamma(2\lambda)},$$

dans l'intervalle $-\infty < z < \infty$, les relations d'orthogonalité étant

$$(3)\qquad \int_{-\infty}^{\infty} P_m P_n \rho\, dz = \frac{\Gamma(n+2\lambda)}{n!\,\Gamma(2\lambda)}\delta_{mn}\qquad (m, n = 0, 1, \ldots).$$

Ces polynômes pourraient être déduits par le processus de confluence

$$P_n(z;\lambda,\varphi) = \lim_{\varepsilon=0} P_n\left(\varepsilon z + \cos\varphi;\ \lambda,\ \frac{2\sin\varphi}{\varepsilon},\ -\frac{2\sin\varphi\cos\varphi}{\varepsilon}\right),$$

des polynômes hypersphériques généralisés $P_n(z;\lambda, 2a, 2b)$, définis par les relations

$$nP_n = 2[(n-1+\lambda+a)z+b]P_{n-1} - (n-2+2\lambda)P_{n-2}\qquad (n=1,2,\ldots;\ P_0=1,\ P_{-1}=0),$$

et orthogonaux dans $(-1, 1)$ que M. G. Szegö ([1]), généralisant nos polynômes $P_n(z; a, b)$ ([2]) a construits récemment; mais, la théorie des $P_n(z;\lambda,\varphi)$ étant plus simple, il est préférable de la développer sans recourir aux propriétés des $P_n(z;\lambda, a, b)$.

Multipliant (1) par x^{n-1} et sommant, on obtient pour la fonction

$$(4)\qquad g(x, z) = \sum_0^{\infty} x^n P_n(z)\qquad (|x| < 1)$$

l'équation différentielle $(x^2 - 2x\cos\varphi + 1)\,dg/dx = 2g(\lambda\cos\varphi + z\sin\varphi - \lambda x)$

([4]) G. W. Mackey, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 59, 1946, p. 520-537.

(*) Séance du 17 avril 1950.

([1]) *Cf.* par exemple *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1998-2000. Le Mémoire de M. Szegö sera publié dans le *Bull. Amer. Math. Soc.*

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1363-1365.

et de là,

(5) $$g(x, z) = (1 - xe^{-i\varphi})^{-\lambda - iz}(1 - xe^{i\varphi})^{-\lambda + iz} = 1 + 2x(z\sin\varphi + \lambda\cos\varphi) + \ldots$$

En substituant les expressions (2) et (5) dans l'intégrale

(6) $$\mathcal{J} = \int_{-\infty}^{\infty} g(x, z)\, g(y, z)\, \rho(z)\, dz \qquad (|x|, |y| < 1),$$

et en posant

(7) $$B_{1,2} = (1 - xe^{\mp i\varphi})(1 - ye^{\mp i\varphi})\, e^{\mp i\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right)} = (1 - xy)\sin\varphi \mp i[(1 + xy)\cos\varphi - x - y],$$

on obtient

(8) $$\mathcal{J} = C\int_{-\infty}^{\infty} B_1^{-\lambda - iz} B_2^{-\lambda + iz}\, \Gamma(\lambda + iz)\, \Gamma(\lambda - iz)\, dz.$$

Grâce à la formule $B^{-\alpha}\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} e^{-\zeta B}\zeta^{\alpha - 1}\, d\zeta \left[-\frac{\pi}{2} < \arg B < \frac{\pi}{2},\ R(\alpha) > 0\right]$, on a ensuite (pour $0 < \varphi < \pi$, $\lambda > 0$)

$$B_1^{-\lambda - iz} B_2^{-\lambda + iz}\, \Gamma(\lambda + iz)\, \Gamma(\lambda - iz) = \int_0^{\infty}\int_0^{\infty} e^{-\zeta_1 B_1 - \zeta_2 B_2}\, \zeta_1^{\lambda + iz - 1}\, \zeta_2^{\lambda - iz - 1}\, d\zeta_2\, d\zeta_1$$

et cette intégrale se transformé par la substitution $\zeta_2 = e^{v}\zeta_1$ en

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{v(\lambda - iz)}\, dv \int_0^{\infty} e^{-\zeta_1(B_1 + e^{v}B_2)}\zeta_1^{2\lambda - 1}\, d\zeta_1 = \Gamma(2\lambda)\int_{-\infty}^{\infty} (B_1 + e^{v}B_2)^{-2\lambda} e^{v(\lambda - iz)}\, dv.$$

Introduisant cette expression dans le 2e membre de (8), on obtient

$$\mathcal{J} C^{-1}\Gamma^{-1}(2\lambda) = \lim_{n = \infty}\int_{-n}^{n} dz \int_{-\infty}^{\infty}\left(e^{-\frac{v}{2}}B_1 + e^{\frac{v}{2}}B_2\right)^{-2\lambda} e^{-ivz}\, dv$$
$$= 2\lim_{n = \infty}\int_{-\infty}^{\infty}\left(e^{-\frac{v}{2}}B_1 + e^{\frac{v}{2}}B_2\right)^{-2\lambda}\frac{\sin nv}{v}\, dv$$

et l'on vérifie sans peine que pour $n \to \infty$, la dernière intégrale tend vers

$$(B_1 + B_2)^{-2\lambda}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{\sin v}{v}\, dv = \frac{\pi}{2}[2(1 - xy)\sin\varphi]^{-2\lambda}.$$

Ainsi nous avons, compte tenu de (2), la relation

(9) $$\mathcal{J} = C\pi\Gamma(2\lambda)(2\sin\varphi)^{-2\lambda}(1 - xy)^{-2\lambda} = (1 - xy)^{-2\lambda}$$

qui, associée à (4) et (6), démontre les formules (3).

A l'aide de (1), on montre que les limites

(10) $$H_n(z) = n!\lim_{\lambda = \infty}\lambda^{-\frac{n}{2}} P_n\left(\frac{z\sqrt{\lambda} - \lambda\cos\varphi}{\sin\varphi};\ \lambda,\ \varphi\right)$$

existent et qu'elles satisfont aux relations

$$H_n = 2zH_{n-1} - 2(n-1)H_{n-2} \qquad (n = 1, 2, \ldots; H_0 = 1, H_{-1} = 0),$$

qui définissent les polynômes d'Hermite $H_n(z)$.

De la même manière, on montre que

$$(11) \qquad \begin{aligned} L_n^{(\alpha)}(z) &= \lim_{\varphi=0} P_n\left[\frac{(1+\alpha)(1-\cos\varphi)-z}{2\sin\varphi}; \frac{\alpha+1}{2}, \varphi\right] \\ &= \lim_{\varphi=\pi} P_n\left[\frac{(1-\alpha)(1+\cos\varphi)+z}{2\sin\varphi}; \frac{\alpha+1}{2}, \varphi\right], \end{aligned}$$

car chacune des deux dernières expressions satisfait à la formule de récurrence des polynômes de Laguerre $L_n^{(\alpha)}(z)$. Enfin, les propriétés d'orthogonalité de H_n et $L_n^{(\alpha)}$ peuvent aisément être déduites de (3).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Quelques théorèmes de composition des singularités des séries de Dirichlet.* Note (*) de M. **Maurice Blambert**, transmise par M. Jacques Hadamard.

Au sujet des notations non définies dans cette Note, on se rapportera à deux Notes antérieures ([1]). Par $\mathcal{L}$, je représente un ensemble défini comme suit : *a.* $\mathcal{L} \subset S_f^{\sigma_1}$; *b.* $\mathcal{L}$ est à distance positive de $\complement_{S_f^{\sigma_1}} \mathcal{L}$; *c.* $\mathcal{L}$ ne contient pas l'origine. Le point $\omega \in S_f^{\sigma_1}$ est dit *isolable sur un cercle* pour la fonction $f(s)$, s'il est possible de trouver un cercle fermé suffisamment petit, passant par ω, dont tous les points, à l'exception évidemment de ω, appartiennent à $\complement_{P_f} S_f^{\sigma_1}$, P_f étant le demi-plan $\sigma \geq \sigma_1$. Compte tenu de résultats relatifs aux équations différentielles linéaires, d'ordre ∞, à coefficients constants, dus à M. Hermann Muggli ([2]), on montre facilement que tout point *isolable sur un cercle* pour $f(s)$ est singulier pour la fonction $f^*(s) = \sum_{\nu=0}^{\infty} l_\nu f^{(\nu)}(s)$, où les coefficients constants l_ν réels ou complexes vérifient $\lim_{\nu=\infty} |l_\nu \nu!|^{1/\nu} = 0$.

Théorème I. — *Les fonctions* $f(s) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-s\lambda_n}$ *et* $\varphi(s) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n e^{-s\mu_n}$ *étant assujetties aux hypothèses :*

1° $f(s)$ *admet* $\sigma_c^f \leq \sigma_A^f < \infty$, *est uniforme* $U_{\mathfrak{M}}$ *et d'ordre* $O_{\mathfrak{M}}$ *égal à* ν *dans le demi-plan* $\sigma > \sigma_1$;

(*) Séance du 24 avril 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1666 et 228, 1949, p. 1915.

([2]) *Commentarii mathematici Helvetici*, II, 1938. p. 151.

2° $\varphi(s)$ *admet* $\sigma_c \leqq \sigma_A^\varphi < \infty$, *est uniforme* $U_{\mathfrak{M}}$ *et d'ordre* $O_{\mathfrak{M}}$ *égal à* μ *dans le demi-plan* $\sigma > \sigma_2$;

3° $\omega(\neq 0) \in \mathcal{L}$, *est* isolable sur un cercle *pour* $f(s)$;

4° β *est une singularité ponctuelle essentielle* (*ou polaire*) *de* $\varphi(s)$, $\mathcal{R}\beta > \sigma_2$;

5° *Il n'existe aucun point de l'ensemble composé des ensembles* $S_f^{\sigma_1}$ *et* $S_\varphi'^{\sigma_2}$ (*où* $S_\varphi'^{\sigma_2}$ *est déduit de* $S_\varphi^{\sigma_2}$ *par suppression du point* β), *aucun point limite de cet ensemble, aucun point de* $S_\varphi^{\sigma_2}$ *confondu avec* $\omega + \beta$; *alors tout point* $\omega + \beta$ *satisfaisant à* $\mathcal{R}(\omega + \beta) > \max(0, \sigma_{\mathcal{H}}^f) + \sigma_2$ *est singulier pour la fonction définie par la série* $\Sigma a_{\mu_n}^{(k)} b_n e^{-s\mu_n}$ (k entier $> \nu + \mu$).

Théorème II. — *Dans les hypothèses* 1° *et* 2° *relatives à* $f(s)$ *et* $\varphi(s)$ *du théorème* I, *jointes à :*

1° $\omega(\neq 0)$, *satisfaisant à* $\mathcal{R}\omega > \sigma_1$, *est une singularité ponctuelle essentielle* (*ou polaire*) *de* $f(s)$;

2° *Il n'existe aucun point de l'ensemble composé des ensembles* $S_f'^{\sigma_1}$ (*déduit de* $S_f^{\sigma_1}$ *par suppression de* ω) *et* $S_\varphi^{\sigma_2}$, *aucun point limite de cet ensemble, aucun point de* $S_\varphi^{\sigma_2}$ *confondu avec* $\omega + \beta$ *où* β *est point* isolable sur un cercle *pour* $\varphi(s)$, *alors tout point* $\omega + \beta$ *vérifiant* $\mathcal{R}(\omega + \beta) > \max(0, \sigma_{\mathcal{H}}^f) + \sigma_2$ *est singulier pour la fonction définie par* $H[f(s), \varphi(s) | k] = \Sigma a_{\mu_n}^{(k)} b_n e^{-S\mu_n}$, ($k$ entier $> \nu + \mu$).

La méthode de démonstration des théorèmes I et II s'applique à la recherche des singularités des séries de la classe de Cramer et permet de compléter, en utilisant un théorème de V. Bernstein, des résultats dus à G. Pólya. En raison de leurs hypothèses topologiques, les théorèmes I et II ne s'appliquent pas au cas où $f(s)$ et $\varphi(s)$ sont définies par des séries de Taylor-D. J'appelle *affixe réduite* d'un point d'affixe α et je le note α_0, le nombre complexe $\mathcal{R}\alpha + i(\mathcal{J}\alpha)_0$ où $(\mathcal{J}\alpha)_0$ est le *résidu minimum positif* de $\mathcal{J}\alpha$ (mod 2π). Par T, je désigne l'ensemble des points $S = \sigma + it$, $0 \leqq t < 2\pi$, et pose $B_f^{\sigma_1} = T \cap S_f^{\sigma_1}$, $B_\varphi^{\sigma_2} = T \cap S_\varphi^{\sigma_2}$. Une modification de l'hypothèse topologique, limitant celle-ci à une bande de périodicité de largeur 2π, permet d'énoncer le théorème suivant :

Théorème III. — *Dans les hypothèses :*

1° $f(s)$ *et* $\varphi(s)$ *sont définies par des séries de Taylor*-D;

2° *Il n'existe aucun point de l'ensemble composé des ensembles* $B_f'^{\sigma_1}$ *et* $B_\varphi^{\sigma_2}$, *aucun point de* $B_\varphi^{\sigma_2}$, *aucun de leurs points limites dont* l'affixe réduite *soit égale à* l'affixe réduite *du point d'affixe* $\omega + \beta$, *où* $\beta \in S_\varphi^{\sigma_2}$ *est* isolable sur un cercle *pour* $\varphi(s)$, $\omega(\neq 0) \in S_f^{\sigma_1}$ *est une singularité ponctuelle essentielle* (*ou polaire*) *de* $f(s)$, $B_f'^{\sigma_1}$ *est déduit de* $B_f^{\sigma_1}$ *par suppression du point d'affixe* ω_0, affixe réduite *de* ω, *alors tous les points* $\omega + \beta + 2\pi n i$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$ *sont singuliers pour la fonction* $H[f(s), \varphi(s) | k] = \Sigma a_n^{(k)} b_n e^{-sn}$ (k entier $\geqq 1$).

Notons que dans le cas des séries de Taylor-D, σ_1 et σ_2 peuvent être choisis arbitrairement loin sur le demi-axe réel négatif d'où disparition au théorème III de la condition d'inégalité des théorèmes I et II. Nous ne considérons pas les fonctions pour lesquelles l'axe d'holomorphie est une coupure. Ce théorème

permet d'intéressantes applications; en particulier, si sur $\sigma = \sigma_{\mathcal{H}}^{f} > 0$, les singularités de $f(s)$ sont réduites aux seuls points essentiels $\omega + 2\pi n i$, $n = 0$, ± 1, ± 2, ..., et puisque β situé sur $\sigma = \sigma_{\mathcal{H}}^{\varphi}$ est toujours *isolable sur un cercle* pour $\varphi(s)$, il en résulte que tous les points $\omega + \beta + 2\pi n i$ sont singuliers pour la fonction $H[f(s), \varphi(s) | k]$. Si β décrit un segment $\mathcal{L}$ de $\sigma = \sigma_{\mathcal{H}}^{\varphi}$, alors chaque point $\omega + \beta + 2n\pi i$ décrit un segment $\mathcal{L}_n$ dont tous les points sont singuliers pour $H[f(s), \varphi(s) | k]$. Les théorèmes I, II et III sont des généralisations de théorèmes classiques dus à MM. E. Borel, G. Faber, et G. Pólya relatifs aux séries de Taylor. En effet, les propriétés énoncées à ce sujet par G. Pólya (qui contiennent les théorèmes de E. Borel et G. Faber comme cas particuliers) à l'aide des notions de points singuliers semi-isolés, presque isolés, se traduisent dans le cas des séries de Dirichlet à l'aide de la notion de point *accessible* due également à G. Pólya. Or cette dernière notion est un cas particulier de notre notion de point *isolable sur un cercle*. Nous nous limiterons à ces aperçus. Dans une autre Note nous étudierons des cas de *coïncidence* dans la composition des singularités des séries de Dirichlet générales.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Extension de la correspondance involutive de Reye dans l'espace à cinq dimensions.* Note de Mlle **Paulette Mathieu**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans une première Note [1] [2], j'ai défini une involution I de S_5 et une transformation rationnelle (1, 2) associée R, qui se réduisent à celles de Reye [3] dans les espaces Σ_3 d'un réseau. J'étudie ici l'effet de ces transformations sur les espaces linéaires autres que ceux contenus dans un Σ_3.

La transformée par R d'une droite d générique est une conique tangente en 6 points à D'^{6}_{4}; son homologue dans I est une C^{11} coupant U^{6}_{4} aux 6 points sur d et en 20 points sur C. Si d est unisécante à W^{3}_{3} ou à V^{30}_{3}, l'homologue dans I se décompose et contient une conique γ ou une corde de C. Si d est unisécante à F^{5}, la transformée dans R passe par O′ et touche D'^{6}_{4} en 4 points : son homologue dans I est une C^{6} hyperplane coupant U^{6}_{4} en 4 points sur d, 10 sur C, et 1 sur F^{5}. Si d est génératrice de W^{3}_{3} sa transformée dans R décrit un réseau quadratique de W′ et son homologue dans I est une surface F^{7} lieu des γ sécantes à d. Si d est sécante à C, sa transformée dans R est tritangente à D'^{6}_{4} et son homologue dans I est une C^{5} hyperplane coupant U^{6}_{4} en 3 points sur d et 9 points sur C.

L'image réciproque d'une droite d' de S'_5 dans R est une C^{6} hyperplane de genre 2 sécantes à C en 10 points. C^{6} dégénère lorsque d' est tritangente à D'^{6}_{4}

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1132-1134.

(2) Dans l'avant-dernière ligne, lire V'^{156}_{3} pour le lieu des coniques.

(3) L'involution de Reye a été étudiée par M. Godeaux dans son *Cours de Géométrie supérieure* (Liége, 1937, fasc. II).

ou sécante à F'^{40} (image de d sécante ou corde de C). Si d' est sécante à W', C^6 se décompose en une γ et une biquadratique.

Le transformé par R d'un hyperplan S_4 est un monoïde V'^6_4 de sommet O' tangent à D'^6_4 le long d'une V'^{18}_3 qui admet les W' doubles et F'^{40} simple. V'^6_4 a pour cône double le transformé V'^5_3 de la variété U^5_3 des cordes de F^5 situées dans S_4 : V'^5_3 passe par les W' et est le lieu d'un faisceau elliptique de plans. Il y a décomposition de U^5_3 et de V'^5_3 lorsque S_4 contient 1, 2, 3 ou 5 des Σ_3, qui font alors partie de U^5_3.

L'homologue de S_4 dans I est une V^{11}_4 admettant les W^3_3 doubles, V^{30}_3 simple, F^5 avec l'ordre 5 et C avec l'ordre 6 : V^{11}_4 coupe S_4 suivant U^5_3 et la section de U^6_4.

L'image réciproque d'un S'_4 de S'_5 est une Q qui coupe W^3_3 suivant une surface rationnelle F^6 à sections de genre 2, et V^{30}_3 suivant une réglée R^{60} sur laquelle C a la multiplicité 8.

La transformée dans R d'un plan générique p est une réglée rationnelle normale R'^4 circonscrite à D'^6_4, trisécante aux W' et sécante à F'^{40} en 30 points. L'homologue de p dans I est une surface F^{31} passant par la trace de U^6_4 sur p : elle contient trois coniques γ de chaque W^3_3 et 30 cordes de C. C est quadruple sur F^{31}.

La transformée dans R d'un plan p sécant à C en k points est une réglée rationnelle normale R'^{4-k} circonscrite à D'^6_4, sécante aux W' en $3-k$ points et à F'^{40} en 22, 15, ou 9 points. L'homologue de p dans I est d'ordre $31-8k$ et admet C avec l'ordre $4-k$: sa trace sur p est la courbe d'ordre 6, 5, ou 3 située sur U^6_4. Pour $k=3$, p et F^7 constituent la base d'un réseau de $|Q|$.

Si p coupe F^5 en h points ($h \leqq 3$), O' est multiple d'ordre h pour R' et F^5 se détache h fois de l'homologue dans I, qui est d'ordre $31-5h$. Si p contient une droite g de F^5, sa transformée dans R est une F'^2 passant par O' et circonscrite à D'^6_4; g est transformée dans R en un plan incident à $3W'$, qui coupe F'^2 suivant une conique. F'^{40} passe par les trois traces de cette conique sur les W' et recoupe F'^2 en 12 points. L'homologue de p dans I est une F^{10} qui contient C simple, 12 de ses cordes, et g ainsi que les trois droites de F^5 incidentes à g. Si p passant par g recoupe F^5 en un point m, il est transformé dans R en un plan passant par O' sécant à deux W'. U^6_4 admet dans p une conique par rapport à laquelle m est pôle de g : dans p, invariant, I se réduit à une inversion de Hirst de pôle m ayant cette conique pour directrice.

L'image réciproque d'un plan p' de S'_5 est une F^8 base d'un réseau de $|Q|$. Si p' passe par O', F^8 se décompose en F^5 et une réglée cubique normale de cordes de F^5. Si p' est incident à W', F^8 se décompose en une F^6 de W^3_3 et une F^2 dans un Σ_3. Si p' est incident à deux W', F^8 est décomposée en F^5, deux plans σ, et un plan sécant à F^5 suivant une droite et un point.

La transformée dans R d'un S_3 sécant à C en k points ($0 \leqq k \leqq 5$), est une V'^{8-k}_3 admettant O' multiple d'ordre $5-k$ et $(1/2)(5-k)(4-k)$ droites

doubles issues de O'. V'^{8-k}_3 est circonscrite à D'^6_4, sécante aux W' suivant des C'^{6-k} et à F'^{40} suivant une courbe d'ordre $60-8k$. Lorsque S_3 passe par un plan σ, on a $k=4$ mais sa transformée V'^4_3 admet alors un cône quadratique double. Lorsque S_3 contient une droite g de F^5, on a $k=2$ mais sa transformée V'^6_3 admet alors deux plans doubles.

L'homologue dans I de S_3 est une V^{31-4k}_3 admettant F^5 avec l'ordre $5-k$ et C avec l'ordre $8-k$. Elle coupe les W^3_3 suivant des F^{11-k} et V^{30}_3 suivant une réglée R^{75-9k}. Les sections F^{11-k} se décomposent toutes et contiennent des plans σ lorsque S_3 passe par un plan σ ou une droite g.

L'image réciproque d'un S'_3 de S'_5 est une V^4_3 base d'un faisceau de $|Q|$, qui est conique lorsque S'_3 est incident aux cinq W'.

La transformation birationnelle génératrice de I est définie par le système homaloïdal des V^{11}_4 homologues des S_4, de dimension 5, dont la jacobienne se réduit à V^{20}_4 triple.

Les droites invariantes sont : les cordes de F^5, les axes d'homologie qui engendrent V^{18}_3, les droites δ qui engendrent V^{48}_3 et les droites doubles des Q deux fois spécialisées, dont le lieu est une V^{33}_3 de U^6_4. Les plans invariants sont les plans tangents à F^5 qui engendrent V^8_4, et les plans qui coupent F^5 suivant une droite et un point, qui engendrent dix Q_0. Les S_3 invariants sont les Σ_3.

Les variétés $\overline{U}^6_4$ admettant F^5 et C triples et les W^3_3 simples sont lieux des U^5_3 d'un faisceau d'hyperplans; leurs transformées dans R sont des hypercônes cubiques elliptiques de sommet O' passant par les W'. Les $\overline{U}^6_4$ sont anallagmatiques et $|\overline{U}^6_4|$ a la dimension 14.

Les V^{12}_4 qui ont même comportement aux éléments fondamentaux que les V^{11}_4 homologues des S_4 sont anallagmatiques. Leurs transformées dans R sont des monoïdes V'^6_4 de sommet O' admettant les W' doubles et passant par F'^{40}. $|V'^6_4|$ a la dimension 56, et le système $|V^{12}_4|$ a la dimension 71.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Une généralisation des congruences de sphères cycliques*. Note de M. **Fernand Bakes**, présentée par M. Paul Montel.

1. Demoulin a désigné sous le non de congruences de sphères cycliques (1), les congruences pour lesquelles la sphère génératrice possède une infinité triple de cercles engendrant des systèmes cycliques soumis d'ailleurs à certaines conditions.

Nous avons obtenu une congruence de sphères sur lesquelles il est possible de tracer une infinité quintuple de cercles possédant des sphères focales et

(1) *Bulletins de la Cl. des Sci. de l'Acad. Roy. de Belgique*, 1919, p. 339.

telles que les paramètres des périsphères se correspondent dans les congruences engendrées par ces cercles.

2. Soit Γ_0 un cercle possédant deux sphères focales, l'une S_1 admettant Γ_0 pour caractéristique, u variant seul, l'autre S_2 admettant le même cercle pour caractéristique, v variant seul. Désignons par S_3 une sphère passant par le cercle caractéristique de S_1, v variant seul, et par S_4 une sphère passant par le cercle caractéristique de S_2, u variant seul. Adjoignons une sphère fixe arbitraire S_5 en vue de constituer un pentasphère oblique mobile. En vertu des formules relatives à cette méthode (²), les hypothèses précédentes conduisent successivement aux rotations nulles suivantes :

$$a_{31},\quad a_{41},\quad a_{51};\quad b_{32},\quad b_{42},\quad b_{52};\quad b_{21},\quad b_{41},\quad b_{51};\quad a_{12},\quad a_{32},\quad a_{52};$$
$$a_{15},\quad a_{25},\quad a_{35},\quad a_{45};\quad b_{15}\quad b_{25},\quad b_{35},\quad b_{45}.$$

De plus, les rotations a_{21}, b_{12}, a_{42}, b_{31} sont différentes de zéro, de sorte que certaines parmi les relations

$$\frac{\partial a_{ik}}{\partial v}-\frac{\partial b_{ik}}{\partial u}=\sum_j(a_{ij}b_{jk}-b_{ij}a_{jk})$$

fournissent les nouvelles rotations nulles a_{43}, a_{53}, b_{34}, b_{54}.

Une sphère Σ, menée par Γ_0, engendrera une congruence telle que u, v sont les paramètres des lignes principales de son enveloppe, si ses coordonnées relatives $1, \lambda, 0, 0, 0$ vérifient une équation de la forme

$$\frac{\partial^2 m}{\partial u\,\partial v}=\mathrm{P}\frac{\partial m}{\partial u}+\mathrm{Q}\frac{\partial m}{\partial v}+\mathrm{R}m.$$

Pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit que λ soit solution de l'équation

$$(1)\qquad \frac{\partial^2\log\lambda}{\partial u\,\partial v}+\frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{a_{21}}{\lambda}-a_{11}\right)-\frac{\partial}{\partial u}(\lambda b_{12}-b_{22})=0.$$

Pour qu'un cercle Γ, tracé sur Σ, et représenté par les équations

$$x_1+\lambda x_2=0,\qquad \alpha x_1+\beta x_2+\varphi x_3+\psi x_4+x_5=0,$$

admette des sphères focales, u, v étant les paramètres des périsphères, il faut exprimer qu'il existe une sphère

$$\alpha x_1+\beta x_2+\varphi x_3+\psi x_4+x_5-k(x_1+\lambda x_2)=0,$$

possédant Γ pour caractéristique, u variant seul et qu'il existe une autre sphère où k est remplacé par k', possédant Γ pour caractéristique, v variant seul. On trouve $k=\beta/\lambda$, $k'=\alpha$, tandis que les fonctions α, β, φ, ψ sont assujetties à

(²) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1252.

satisfaire aux équations

$$\frac{\partial\varphi}{\partial u}+\varphi(a_{33}-a_{55}-a_{54}\psi)+a_{34}\psi=0,\qquad \frac{\partial\varphi}{\partial v}+\varphi(b_{33}-b_{55}-b_{53}\varphi)=0,$$

$$\frac{\partial\psi}{\partial u}+\psi(a_{44}-a_{55}-a_{54}\psi)=0,\qquad \frac{\partial\psi}{\partial v}+\psi(b_{44}-b_{55}-b_{53}\varphi)+b_{43}\varphi=0,$$

$$\frac{\partial}{\partial u}(\beta-\lambda\alpha)=(\beta-\lambda\alpha)\left(\frac{\partial\log\lambda}{\partial u}+a_{54}\psi+a_{55}+\frac{a_{21}}{\lambda}-a_{11}\right)$$
$$+\lambda(\varphi a_{13}+\psi a_{14})-\varphi a_{23}-\psi a_{24},$$

$$\frac{\partial}{\partial v}(\beta-\lambda\alpha)=(\beta-\lambda\alpha)(b_{53}\varphi+b_{55}+\lambda b_{12}-b_{22})$$
$$+\lambda(\varphi b_{13}+\psi b_{14})-\varphi b_{23}-\psi b_{24}.$$

Les conditions d'intégrabilité relatives aux fonctions φ et ψ, savoir $\varphi a_{13}+\psi a_{14}=0$, $\varphi b_{23}+\psi b_{24}=0$, prouvent que $\varphi=\psi=0$ est la seule solution des quatre premières équations du système précédent. Dès lors, en posant $\beta-\lambda\alpha=\sigma$, les deux dernières équations du dit système se réduisent aux suivantes :

$$\frac{\partial}{\partial u}\log\sigma=\frac{\partial}{\partial u}\log\lambda+a_{55}+\frac{a_{21}}{\lambda}-a_{11},\qquad \frac{\partial}{\partial v}\log\sigma=b_{55}+\lambda b_{12}-b_{22};$$

elles prouvent, en vertu de (1), que $\log\sigma$ s'obtiendra par une quadrature de différentielle totale, de sorte que le cercle Γ, défini par ses sphères focales $\sigma x_1-\lambda x_5=0$, $\sigma x_2+x_5=0$, dépend du facteur constant par lequel on peut multiplier σ.

On observera que les dites sphères passent respectivement par les cercles d'intersection des sphères focales S_1, S_2 de Γ_0 avec une sphère fixe S_5 dont la position dépend, on le sait, de quatre paramètres.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'emploi d'un repère canonique dans l'étude des surfaces isométriques d'une surface donnée avec correspondance d'un réseau conjugué.* Note de Mlle **Simone Lemoine**, présentée par M. Élie Cartan.

Recherche de la signification géométrique des coefficients de l'équation qui permet de calculer le tenseur asymptotique d'une surface dont on connaît le tenseur métrique et un réseau conjugué. Cas des surfaces déformables avec persistance d'un tel réseau.

1. Les courbures principales a et c des surfaces dont on connaît les éléments d'arc des lignes de courbure sont généralement solution de l'équation de Gauss et de l'équation

$$a^2\xi+c^2\eta=\zeta, \tag{1}$$

qui constitue la condition de compatibilité des équations de Codazzi et pour

laquelle les coefficients ξ, η et ζ se calculent à partir du ds^2 (1). Des équations de même forme s'obtiennent, par des calculs analogues, pour les composantes du tenseur asymptotique des surfaces réalisant l'immersion d'un ds^2 et admettant des directions conjuguées données $\omega^1 = 0$, $\omega^2 = 0$, ω^1 et ω^2 désignant deux formes différentielles linéaires. La seule différence réside dans le fait que le repère mobile employé, au lieu d'être le trièdre de Darboux, est un trièdre direct $Me_1e_2e_3$ dans lequel, seul, e_3 est unitaire et normal à e_1 et e_2, ces deux derniers vecteurs étant définis par l'équation vectorielle

$$dM = \omega^i e_i \qquad (i = 1, 2).$$

Les variations infinitésimales des e_i sont de la forme

$$de_i = \gamma_i{}^j{}_k \omega^k e_j + \omega_i{}^3 e_3 \qquad (i, j, k = 1, 2),$$

les $\gamma_i{}^j{}_k$ étant liés aux invariants simultanés r et s de ω^1 et ω^2 par les relations

$$(2) \qquad \gamma_1{}^1{}_2 - \gamma_2{}^1{}_1 = r, \qquad \gamma_2{}^2{}_1 - \gamma_1{}^2{}_2 = s.$$

En posant de plus

$$(3) \qquad I^1 = s + \gamma_2{}^2{}_1, \qquad I^2 = r + \gamma_1{}^1{}_2,$$

et en désignant par $\mathcal{K}$ le produit de la courbure totale par le discriminant du ds^2, l'équation de Gauss s'écrit $ac = \mathcal{K}$ et les valeurs des coefficients de l'équation (1) sont

$$\xi = \left(\frac{\gamma_2{}^1{}_2}{\mathcal{K}}\right)_2 + \frac{2I^2 - r}{\mathcal{K}}\gamma_2{}^1{}_2, \qquad \eta = \left(\frac{\gamma_1{}^2{}_1}{\mathcal{K}}\right)_1 + \frac{2I^1 - s}{\mathcal{K}}\gamma_1{}^2{}_1,$$

$$\zeta = I^2{}_1 + I^1{}_2 + 4\gamma_1{}^2{}_1\gamma_2{}^1{}_2 - rI^1 - sI^2 + r(\log\mathcal{K})_1 - (\log\mathcal{K})_{12},$$

les indices 1 et 2 indiquant des dérivations pfaffiennes par rapport à ω^1 et ω^2.

2. Supposons connue une surface particulière S réalisant le ds^2 donné et sur laquelle le réseau (ω^1, ω^2) est conjugué. Nous pouvons prendre comme repère le repère canonique associé à ce réseau, ainsi que l'a montré récemment M. V. Lalan (2). En supposant de plus S à courbure totale positive, l'équation de Gauss est $ac = 1$ et les équations de Codazzi se réduisent à

$$(4) \qquad \gamma_1{}^2{}_1 = I^2, \qquad \gamma_2{}^1{}_2 = I^1;$$

ceci permet d'écrire

$$\xi = I^1{}_2 + (2I^2 - r)I^1, \qquad \eta = I^2{}_1 + (2I^1 - s)I^2, \qquad \zeta = \xi + \eta.$$

D'après (3) et (4), les deux premières équations de ce système s'écrivent encore

$$(5) \qquad \xi = I^1{}_2 + \gamma_1{}^1{}_2 I^1 + \gamma_2{}^1{}_2 I^2, \qquad \eta = I^2{}_1 + \gamma_1{}^2{}_1 I^1 + \gamma_2{}^2{}_1 I^2.$$

---

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 461, et *Bull. Sc. Math.*, **72**, 1948.

(2) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1115.

En chaque point M de S, associons au repère canonique relatif au réseau (ω^1, ω^2) le vecteur

$$I = I^k e_k \qquad (k = 1, 2).$$

Nous voyons que

$$(6) \qquad \xi = I^1{}_{,2}, \qquad \eta = I^2{}_{,1},$$

la virgule indiquant une dérivation covariante.

Nous avons ainsi mis en évidence la nature géométrique des coefficients ξ et η.

3. Si S est déformable avec persistance du réseau conjugué (ω^1, ω^2), l'équation (1) disparaît

$$(7) \qquad \xi = \eta = 0.$$

DI désignant la projection de dI sur le plan tangent en M à S, on a alors

$$DI = I^1{}_{,1}\omega^1 e_1 + I^2{}_{,2}\omega^2 e_2.$$

cette formule montre que :

Étant donné un réseau conjugué ainsi que le repère canonique $Me_1e_2e_3$ *et le vecteur* I *qui lui sont associés, la condition nécessaire et suffisante pour que ce réseau soit conjugué persistant est que la projection de* dI *sur le plan tangent à la surface support soit collinéaire à* e_i *lorsque l'origine de* I *décrit la courbe du réseau tangente en* M *à* e_i.

HYDRAULIQUE. — *Sur l'intérêt des dispositifs d'aération des vannes mobiles.* Note de M. LÉOPOLD ESCANDE, transmise par M. Charles Camichel.

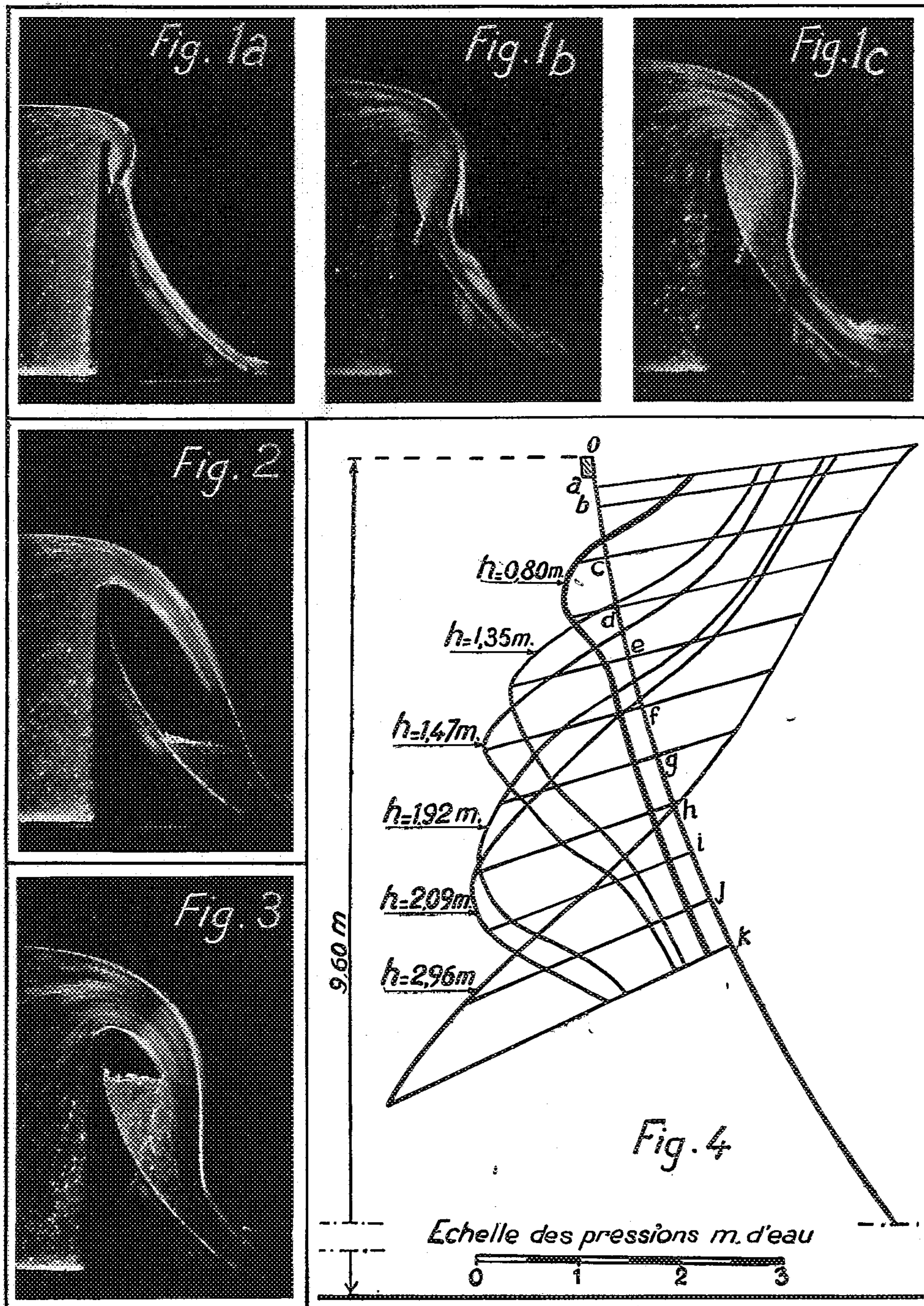
L'analyse d'un accident survenu à une grande vanne de barrage mobile met en évidence, lors d'un déversement intempestif, l'existence d'une dépression dangereuse et souligne l'intérêt d'éliminer celle-ci, par une aération convenable.

Une vanne segment, d'une hauteur et d'une portée supérieures à 10^m, obture l'une des passes d'un barrage mobile. Par suite d'un défaut d'enclenchement d'un disjoncteur sur le réseau haute tension, les transformateurs abaisseurs ne sont alimentés que par deux phases et le sens de rotation des moteurs de levage de la vanne se trouve inversé. Une crue subite du cours d'eau intervient : la vanne ne se lève pas. Un déversement se produit au-dessus du bordage supérieur, alors qu'un tel phénomène n'aurait jamais dû se réaliser normalement : pour une charge de l'ordre de grandeur de $0^m,80$ environ la vanne se rompt.

Pour analyser les conditions de cette rupture, nous étudions, dans un canal de verre, un modèle schématique reproduisant, à l'échelle 1/50, le tablier de la vanne.

Si l'on provoque un déversement lentement progressif, à partir d'un débit initial nul, on observe la formation d'une lame déversante adhérente : la ligne d'eau, fortement incurvée, est rabattue vers le parement par une dépression

qui prend naissance à la partie supérieure de celui-ci. Plus le débit augmente,



plus la dépression croît (*fig.* 1*a*, 1*b* et 1*c*), et l'écoulement devient de plus en plus instable, comme on le voit, en particulier, sur la figure 1*b*. Une pertur-

bation accentuée peut provoquer une aspiration d'air brutale sous la lame qui décolle du parement : la figure 2 correspond à une aération franche, la figure 3 à la formation d'une poche d'air en dépression, consécutive à une mise en liaison très brève de la zone d'aspiration avec l'extérieur; la figure 4 donne les répartitions de pressions, relatives à diverses charges amont au-dessus du seuil : en chaque point du parement aval, on porte, suivant la normale, une longueur représentant, en mètres d'eau, la pression en ce point.

Pour la charge de $0^m,80$, il existe, sur une tranche de $0^m,80$ de hauteur, placée à la partie supérieure de la vanne, une dépression moyenne de $0^m,75$. L'effort total par mètre de largeur, dépasse $1^t,40$, valeur supérieure au quadruple de l'effort maximum prévu en l'absence de déversement ($0^t,32$). Cette amplification des efforts et les vibrations que la dépression peut engendrer expliquent l'accident intervenu.

Or, avec une aération franche de la partie supérieure du parement aval de la vanne, la dépression est éliminée et l'effort précédent se trouve réduit à $0^t,80$, valeur insuffisante pour provoquer la rupture.

Il y a donc un intérêt primordial, quel que soit le type de vanne mince réalisant la bouchure d'un barrage mobile, à envisager le cas où, malgré toutes les précautions prises pour l'éviter, un déversement accidentel se produirait au-dessus du bordage supérieur; pour limiter les surchages subies alors sur l'ouvrage, il faut prévoir une aération de la lame déversante, particulièrement simple à aménager dans un ouvrage en construction et toujours réalisable dans les barrages déjà en service.

ASTRONOMIE. — *Sur les courants d'étoiles*. Note de M. **Jean Delhaye**, présentée par M. André Danjon

L'étude de la distribution de leurs mouvements propres permet de montrer qu'on ne trouve pas de traces de l'existence des courants dans la répartition des vitesses des étoiles A de septième magnitude.

Dans une récente Note ([1]) j'ai indiqué les résultats d'une nouvelle détermination des éléments du Soleil et de l'ellipsoïde des vitesses stellaires résiduelles au moyen des mouvements propres des étoiles du *General Catalogue* de magnitude apparente comprise entre 6,0 et 7,5, et pour différents groupes de types spectraux. J'ai signalé à cette occasion que ces nouveaux résultats, d'une précision plus grande, confirmaient les anomalies déjà mises en évidence dans la position de l'apex solaire et celle du vertex.

Certains auteurs ayant suggéré que la cause de ces anomalies pourrait être la présence d'un certain nombre de membres de courants stellaires, notamment

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1454.

de la Grande Ourse et du Taureau, j'ai examiné de nouveau cette question à l'aide du matériel qui a été utilisé pour obtenir les résultats qui ont fait l'objet de ma Note précédente.

Or il se trouve que les conditions sont particulièrement favorables ici pour l'étude de la présence éventuelle de courants dans la distribution des vitesses des étoiles A.

Considérons une étoile dont la vitesse serait sensiblement équipollente à la vitesse d'ensemble de l'un de ces courants, celui de la Grande Ourse par exemple. Sous l'effet du champ de force auquel elle est soumise, cette étoile décrira une certaine orbite relative autour du centroïde local (point en repos par rapport à l'ensemble des étoiles voisines du Soleil) qui décrira lui-même une ciconférence autour du centre galactique. Compte tenu des conditions particulières du problème (étoiles se trouvant au voisinage du plan galactique, quelques dizaines de parsecs de part et d'autre, à une très grande distance du centre, 10 000 parsecs), on peut considérer séparément d'une part l'ensemble des deux coordonnées dans le plan galactique et d'autre part la coordonnée z perpendiculaire à ce plan. Oort (²) a fait une évaluation de la force à laquelle est soumise une étoile voisine du Soleil, perpendiculairement au plan galactique. D'après les résultats obtenus par Oort, on peut écrire l'accélération de cette étoile suivant l'axe z sous la forme

$$K(z) = -k^2 z, \qquad \text{avec} \quad k^2 = 5.10^{-30}\ \text{sec}^{-2},$$

jusqu'à $z = 200$ parsecs.

Le mouvement suivant l'axe z s'écrira donc, si l'on prend comme origine des temps l'instant où z atteint sa valeur maximum, $z = z_0 \cos kt$.

Soit t' l'instant où une certaine étoile passe par la cote z' égale à la distance actuelle du Soleil au plan galactique, et w' la projection sur l'axe z de la vitesse spatiale de l'étoile à l'instant t', corrigée de la vitesse du Soleil; nous avons

$$w' = -kz_0 \sin kt', \qquad z_0^2 - z'^2 = \frac{w'^2}{k^2}.$$

Nous pouvons admettre que la cote z moyenne des membres brillants des courants est égale à celle du Soleil et que la projection de leur vitesse d'ensemble sur l'axe z correspond à l'instant où ces étoiles atteignent la cote z'. Pour le courant de la Grande Ourse on aura donc (³)

$$w' = -2,2\ \text{km.sec}^{-1} = -2,2.10^5\ \text{cm.sec}^{-1},$$
$$z_0^2 - z'^2 = 10^{40}\ \text{cm}^2 = 1\,000\ \text{parsec}^2,$$

ce qui signifie que les membres du courant ne peuvent atteindre une cote

(²) *B. A. N.*, VI, n° 238, 1932.

(³) J. Delhaye, *B. A. N.*, X, n° 395, 1948.

différant de plus de quelques dizaines de parsecs de celle atteinte actuellement par le Soleil, une quinzaine de parsecs ([4]). Or on peut, en gros, prendre une centaine de parsecs pour l'éloignement minimum en z par rapport au Soleil des étoiles A dont la magnitude apparente est comprise entre les limites considérées ici et qui sont situées dans les calottes polaires galactiques désignées dans ma Note précédente par la lettre P : on voit donc que ces calottes ne renferment probablement pas de membres du courant de la Grande Ourse. Pour le Taureau [$w' = +4,8$ km.sec^{-1} ([5])] et le Scorpion-Centaure [$w' = -2,3$ km.sec^{-1} ([6])], on obtient des résultats analogues.

Une conséquence immédiate de ces résultats et du bon accord trouvé entre les éléments déduits des calottes polaires (P) d'une part et des régions de basse latitude galactique (G) d'autre part, c'est que s'il y a dans le matériel étudié des membres des courants, ils sont en assez faible proportion pour ne pas avoir d'influence sensible sur les éléments déterminés. Il est cependant possible de tenter une mise en évidence de la présence éventuelle des courants parmi les étoiles A, pour lesquelles on est en droit de s'attendre aux irrégularités de distribution les plus importantes.

J'ai utilisé pour cela les éléments déduits des régions P pour calculer les distributions théoriques des angles de position des mouvements propres pour chacune des régions de basse latitude, la comparaison des distributions effectivement observées à ces distributions théoriques devant permettre de mettre en évidence les irrégularités dans la distribution des vitesses pour les régions de basse latitude. Les résultats de cette comparaison ont été entièrement négatifs et il semble bien ne pas y avoir de membres des courants parmi les étoiles A étudiées.

L'étude des vitesses radiales apporterait un grand poids à cette conclusion, mais on ne dispose pas d'un nombre suffisant de ces vitesses. Cependant l'examen du matériel actuellement disponible a confirmé ce résultat.

ASTROPHYSIQUE. — *De quelle profondeur provient le rayonnement solaire en différents points du disque, pour différentes longueurs d'onde?* Note (*) de M. **Paul Proisy**, présentée par M. André Danjon.

La réponse à cette question en lumière blanche a été donnée par Unsöld ([1]). L'influence de la longueur d'onde sur le résultat obtenu est intéressante à

([4]) J. J. M. van Tulder, *B. A. N.*, IX, n° 353, 1942.

([5]) W. M. Smart, *M. N. of the R. A. S.*, 99, 1938, p. 168.

([6]) A. Blaauw, *Groningen Pub.*, n° 52, 1946.

(*) Séance du 17 avril 1950.

([1]) *Physik der Sternatmosphären*, Berlin, 1938, p. 95.

considérer parce qu'elle permet d'établir un rapprochement entre l'assombrissement des radiations lumineuses et les variations de l'intensité des ondes radioélectriques, qui semblent si différentes à première vue, près du bord du disque solaire.

1. L'équation de transfert dans une atmosphère sphérique en équilibre radiatif appliquée à une radiation monochromatique donne comme expression de l'intensité de cette radiation à la surface (I_0 étant l'intensité au centre du disque, θ l'angle du rayon émergent avec la normale à la surface, τ la profondeur optique des couches et $J_{(\tau)}$ le rapport des coefficients d'émission et d'absorption $\varepsilon/\varkappa$)

$$\frac{I_{(\theta)}}{I_0} = \int_0^\infty \left(\frac{J_{(\tau)}}{I_0}\right) \sec\theta \exp\left(-\int_0^\tau \sec\theta \, d\tau\right) d\tau.$$

La contribution des couches au rayonnement émergent est représentée par l'expression sous le signe somme, qui, au centre du disque, se réduit à $(J/I_0)\exp(-\tau.)$. J'ai calculé cette contribution pour les longueurs d'onde 0,426, 0,501, 0,604, 0,670, 0,858 μ à partir de l'expression de $J/I_0 = A + B\tau + C\tau^2/2$; A, B, C représentant les coefficients de la loi d'assombrissement calculés par Chalonge et Kourganoff ([2]) : elle passe par un maximum pour une couche dont la profondeur optique $\tau_{\lambda M}$ a été rapportée à la profondeur optique moyenne $\bar{\tau}$, la correspondance entre τ_λ et $\bar{\tau}$ étant celle qui a été indiquée par Minnaert ([3]). Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous, dans lequel sont en outre portées les profondeurs optiques $\bar{\tau}_m$ des couches dont la contribution n'est plus que 1 % de la contribution maximum, et qui donnent un ordre de grandeur de l'épaisseur de la photosphère en fonction de λ ([4]).

TABLEAU. — *Valeurs de $\bar{\tau}_M$ et de $\bar{\tau}_m$ pour diverses longueurs d'onde λ au centre du disque solaire.*

λ.............	0,426	0,501	0,604	0,670	0,858 μ
$\bar{\tau}_M$............	1,25	0,9	0,55	0,40	0,15
$\bar{\tau}_m$............	11	9,5	8,5	6,5	6,0

On observe donc au centre du disque un net déplacement de la photosphère solaire vers la surface, lorsque l'on passe de 0,426 à 0,858 μ. En lumière totale Unsöld trouvait $\bar{\tau}_M = 0,35$ environ.

([2]) *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946, p. 69.

([3]) *B. A. N.*, 10, 1948, p. 339.

([4]) Les profondeurs en kilomètres, comptées à partir de $\bar{\tau} = 0,01$, ont été indiquées ailleurs (*Comptes rendus*, 228, 1949, p. 739; *Ann. d'Astr.*, 12, 1949, p. 123 et *Publ. Obs. de Lyon*, 4, n° 29).

Le même calcul a été refait en des points situés à des distances du centre égales à 0,5, 0,75 et 0,95 rayon solaire : on observe encore le déplacement de la photosphère vers la surface lorsque la longueur d'onde croît, et pour une même longueur d'onde un déplacement dans le même sens quand on s'approche du bord.

Pour 0,501 μ les valeurs prises par $\bar{\tau}_M$ et $\bar{\tau}_m$ aux trois points considérés sont 0,8, 0,5 et 0,02 pour $\bar{\tau}_M$ et 8,5, 6,5 et 3 pour $\bar{\tau}_m$.

2. Dans le cas théorique où l'émission a lieu dans une couche mince (c'est-à-dire dans laquelle les variations de θ peuvent être négligées) d'épaisseur constante, dans laquelle le coefficient d'émission ε garde une valeur constante et le coefficient d'absorption une valeur nulle, l'intensité croît d'abord proportionnellement à sec θ, puis, à une distance du bord égale à l'épaisseur, elle prend une valeur double (si l'on suppose que l'atmosphère est formée de couches isotropes); elle redécroît ensuite proportionnellement à la corde sous-tendue par la sphère qui limite extérieurement la couche.

Dans la réalité ces variations sont modifiées par les variations de ε avec la profondeur, par l'absorption non nulle à l'intérieur de la couche et par les variations des limites de celle-ci d'un point à un autre du disque; enfin lorsqu'on s'approche du bord, même si la réfraction des rayons lumineux peut être négligée, les variations de θ à l'intérieur de la couche ne peuvent plus l'être. Cette dernière influence a été calculée dans le cas de l'atmosphère solaire ([5]), on observe effectivement un renforcement de l'intensité près du bord, la faible épaisseur géométrique de la photosphère solaire pour les radiations visibles empêche toutefois d'observer le maximum de ce renforcement.

Les premiers résultats concernant l'émission radioélectrique du Soleil montrent l'existence près du bord d'un renforcement de l'émission, qui déborde le disque apparent ([6]); conformément au schéma théorique indiqué ils laissent donc penser que l'émission a lieu dans une couche d'épaisseur géométrique importante où l'absorption est faible (couches élevées). La localisation de cette émission dans les couches élevées (dans lesquelles $\bar{\tau}$ reste très faible) prolonge le résultat obtenu sur le déplacement vers la surface des couches qui constituent la photosphère lorsque l'on passe de l'ultraviolet à l'infrarouge.

([5]) P. Proisy, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1102.

([6]) *Voir* par exemple M. Laffineur, *L'Astronomie*, 63, 1949, p. 281.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La polarisation des rayons β émis par des noyaux orientés.* Note (*) de MM. **Hendrik A. Tolhoek** et **Sybren R. de Groot**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'orientation des spins nucléaires au moyen des très basses températures fournit des données nouvelles sur la radioactivité β. On a calculé l'influence de cette orientation sur la direction du spin des particules β émises dans des transitions permises. On indique une nouvelle possibilité pour mesurer les moments magnétiques des noyaux radioactifs.

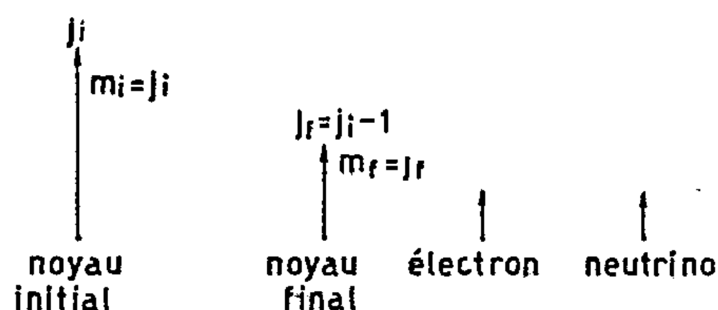
L'orientation des spins nucléaires à l'aide des très basses températures dans des champs magnétiques forts est une possibilité expérimentale extrêmement intéressante pour étudier le noyau atomique. Il semble que cette orientation est possible pour certains noyaux au moyen de la technique cryogène présente ([1]).

Sous ce rapport, il est intéressant d'examiner les conséquences de l'orientation du spin d'un émetteur β. On peut penser surtout à deux effets résultant d'une telle orientation.

a. L'intensité des rayons β émis n'est pas la même dans toutes les directions.

b. Les rayons β émis ont une direction préférée pour leur spin, autrement dit : on a un rayonnement d'électrons polarisés.

Nous avons calculé ces effets pour les transitions β permises. Pour ces transitions, l'effet *a* n'existe pas si l'on n'observe que des rayons β non polarisés. Cependant, en général, l'effet *b* se produit.



On peut d'abord déduire ce dernier résultat qualitativement par un raisonnement simple. Considérons le cas spécial, où le moment angulaire du noyau initial est donné par j_i et celui du noyau final par $j_f = j_i - 1$. Nous supposons aussi que les électrons ont des énergies non-relativistes. On peut alors considérer séparément le moment angulaire du mouvement orbital et du spin de l'électron. Pour les transitions permises le moment angulaire orbital est zéro. On peut maintenant appliquer la loi de conservation du moment angulaire. Considérez les composantes z et supposez que $m_i = j_i$. Après l'émission β on a le noyau final avec le moment angulaire j_f, l'électron avec le moment

(*) Séance du 12 avril 1950.

([1]) C.-J. Gorter, *Physica*, 14, 1948, p. 504.

angulaire du spin 1/2 et le neutrino qui emporte un moment angulaire 1/2. Il n'y a qu'une seule possibilité pour l'orientation des moments angulaires ($m_f = j_f$ etc.) et les électrons sont donc complètement polarisés.

On a en général des transitions permises : $j_f - j_i = 0, \pm 1$. Nous donnons maintenant quelques résultats qui proviennent du calcul des probabilités de transition, si l'on considère la direction du spin de l'électron. Nous considérons les électrons émis dans la direction des x, tandis que l'orientation du spin nucléaire est donnée par la composante z étant m_i. Dans ce cas on calcule pour le rapport des probabilités de transitions des électrons émis avec la direction du spin selon l'axe positive et négative des z si $j_i = j_f + 1$ (E énergie totale de l'électron en unités mc^2; $E \approx 1$ si l'énergie cinétique est faible) :

$$\frac{\mathcal{J}(\uparrow)}{\mathcal{J}(\downarrow)} = \frac{1 + \frac{m_i}{j_i}\frac{1}{E}}{1 - \frac{m_i}{j_i}\frac{1}{E}}. \tag{1}$$

On voit en effet qu'on obtient une polarisation totale des électrons émis, si $j_i = j_f + 1$, $m_i = j_i$, $E \approx 1$ (énergie non relativiste), c'est le cas spécial traité ci-dessus. Pour le cas $j_i = j_f - 1$, on obtient

$$\frac{\mathcal{J}(\uparrow)}{\mathcal{J}(\downarrow)} = \frac{1 - \frac{m_i}{j_i + 1}\frac{1}{E}}{1 + \frac{m_i}{j_i + 1}\frac{1}{E}}. \tag{2}$$

Les résultats (1) et (2) sont valables même si l'on prend une combinaison linéaire des invariants pour l'Hamiltonien d'interaction [2]. Les coefficients qui déterminent le mélange disparaissent des résultats (1) et (2), cependant pour le cas $j_i = j_f$ ils restent dans la formule qui devient assez compliquée.

Puisqu'on ne connaît pas ces coefficients, on ne peut pas prédire le rapport $\mathcal{J}(\uparrow)/\mathcal{J}(\downarrow)$ pour le cas $j_i = j_f$ comme pour les cas $j_i = j_f \pm 1$. Mais, inversement, des résultats expérimentaux sur la polarisation des électrons on pourrait tirer des précisions sur la théorie de la radioactivité β.

Pour observer la polarisation des électrons il faut observer la diffusion des électrons par des feuilles minces; de cette façon les électrons polarisés sont diffusés asymétriquement. Dans ce cas une seule diffusion suffit, parce qu'on commence déjà avec des rayons électroniques polarisés, tandis que dans les expériences ordinaires sur la polarisation des électrons il faut aussi produire les électrons polarisés par diffusion.

Si l'on pouvait démontrer l'orientation des spins des noyaux β radioactifs de cette façon, on aurait ainsi en principe une méthode pour mesurer le

---

([2]) S. R. de Groot et H. A. Tolhoek, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1510, et *Physica*, 1950 (sous presse).

moment magnétique des noyaux radioactifs artificiels, parce que ces expériences ne demandent pas des quantités considérables de noyaux. On pourrait de cette façon observer la désorientation des spins par des champs radiofréquents pour des quantités minimes de noyaux radioactifs. L'influence des champs magnétiques employés pour l'orientation des spins des noyaux pourrait donner des difficultés expérimentales parce que ces champs influencent les trajectoires des rayons β. Cependant le champ externe employé dans la méthode de Gorter est trop faible pour donner des difficultés sous ce rapport.

PYROMÉTRIE. — *Sur le pouvoir émissif monochromatique de la thorine.* Note de M. **Guy Mesnard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

En liaison avec ses propriétés thermioniques, nous avons étudié l'émissivité optique de la thorine dans le vide pour la longueur d'onde $0^{\mu},65$. Les valeurs connues du pouvoir émissif monochromatique de cet oxyde s'étendent de 0,15 à 0,57 ([1]), ([2]); leur divergence montre que l'émissivité dépend de nombreux facteurs dont l'influence est considérable. Nous avons expérimenté sur des cathodes constituées par un fil de tungstène recouvert de thorine par cataphorèse ([3]). Après le pompage et avant le scellement du tube contenant la cathode, celle-ci était portée à 1200°K environ pour la dégazer, et un *getter* au baryum, destiné à maintenir un excellent vide, était vaporisé. Chaque détermination comportait deux visées pyrométriques effectuées successivement sur le dépôt d'oxyde et sur le tungstène partiellement découvert, la première donnant la température de brillance du dépôt et l'autre sa température vraie, déduite de l'émissivité connue du métal (en négligeant la chute de température à travers le revêtement, dont l'épaisseur ne dépassait pas quelques dizaines de microns). Les mesures antérieures sous vide de Weinreich ([2]), effectuées par le même procédé, concernaient des dépôts préparés différemment. Celles de Hanley ([4]), basées sur l'emploi d'un tube creux percé d'un trou, étaient vraisemblablement perturbées par la présence d'une atmosphère réductrice (courant d'hydrogène).

Nous avons effectué de nombreuses mesures du pouvoir émissif ε, en nous efforçant de séparer les divers facteurs et de dégager les faits essentiels. Considérons en premier lieu les variations de ε avec la température T : tant que T demeure relativement faible, ε est voisin de 0,15 et varie peu; à partir d'une certaine température (environ 1950°K pour un dépôt moyen de 20^{μ} d'épaisseur), l'émissivité augmente rapidement par suite de la modification de structure causée par l'*activation*. Cette modification se traduit par une valeur

([1]) G. Ribaud, *Traité de Pyrométrie optique*, Paris, 1931.
([2]) O. Weinreich, *Rev. gén. Électr.*, 54, 1945, p. 243-255.
([3]) G. Mesnard, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 70-72.
([4]) *Journ. Applied Physics*, 19, 1948, p. 583-589.

accrue de ε aux températures plus basses; l'augmentation de ε avec T devient alors moins accusée; elle finit par faire place à une diminution pour une cathode bien activée. Les variations ne sont d'ailleurs pas réversibles, ainsi qu'on le constate en effectuant sur une cathode activée deux séries successives de déterminations, l'une à température croissante jusqu'au début de la zone d'activation et l'autre à température décroissante ; la deuxième courbe se place un peu au-dessous de la première, ce qui s'explique par une *désactivation* partielle.

Dans l'intervalle de 1500 à 2000°K (où se trouve la zone de fonctionnement normal des cathodes de thorine), le pouvoir émissif varie donc beaucoup suivant les traitements thermiques imposés au filament. On observe généralement une diminution (par exemple de 0,17 à 0,09) pour un premier traitement à une température inférieure à celles de la zone d'activation. Si l'on atteint cette zone, on trouve ensuite des valeurs plus grandes, pouvant dépasser 0,4 et même 0,5 dans le cas d'une activation poussée jusqu'à 2800°K. A température constante, nous avons noté des variations avec le temps qui paraissent dues à une évolution de l'activation.

La substitution du molybdène au tungstène ne modifie guère les valeurs de ε et les conditions d'activation. Par contre, l'influence de l'épaisseur du dépôt est grande. L'activation est plus difficile et moins brusque avec les dépôts épais, pour lesquels l'émissivité est toujours plus faible (par exemple 0,35 à 1600°K, après activation à 2850°K); de plus les variations avec T sont plus accentuées et les effets de désactivation plus accusés. Les couches très minces s'activent facilement et présentent une émissivité élevée, mais leur durée de vie est réduite. Nous avons examiné enfin les modifications résultant d'un *flashing* du filament dans l'hydrogène, avant le pompage du tube; ce traitement produit une activation, les valeurs de l'émissivité étant augmentées (avant et après nouvelle activation dans le vide).

Considérées dans leur ensemble, nos mesures montrent clairement que les observations pyrométriques permettent de déceler les changements de structure de la cathode. En tenant compte des résultats fournis par l'étude de l'émission électronique, on est conduit à expliquer les effets d'activation et de désactivation, ainsi que leur évolution, par la libération d'atomes de thorium, la diffusion du thorium à travers la couche et son évaporation à la surface; les chaleurs latentes correspondantes peuvent ainsi être évaluées par les variations de ε avec T. D'une manière générale, l'étude comparée des propriétés optiques et thermioniques paraît susceptible de fournir d'utiles indications sur le comportement des couches complexes. Dans le cas de la thorine, le fait essentiel (accroissement de ε provoqué par un traitement à haute température) doit être attribué à l'extension vers les courtes longueurs d'onde de la bande d'absorption infrarouge de l'oxyde, due à la présence de thorium libre qui rend le dépôt semi-conducteur.

MAGNÉTISME. — *Antiferromagnétisme et activation intermittente dans les alliages fer-chrome et fer-vanadium.* Note (*) de M. **Robert Forrer**, présentée par M. Aimé Cotton.

La diminution du moment magnétique absolu moyen, constatée expérimentalement [1], dans les alliages du fer avec du chrome ou du vanadium a été interprétée par l'absence d'un moment propre de Cr ou V, en admettant encore une variation du moment de Fe. Or, on peut interpréter ces moments en gardant pour Cr ou V, des *moments en accord avec leur état électronique*, en introduisant un antiparallélisme entre les atomes de Fe et de Cr (ou de V). Il suffit ici de considérer les alliages de Fe_3Cr et Fe_3V dans deux états différents, caractérisés par *l'absence* d'une activitation permanente (A. p.) vers l'état s^2 de Cr ou V (états $Cr d^6$; $V d^5$) ou par sa *présence* (états $Cr\, d^4 s^2$; $V d^3 s^2$). Nous distinguons dans le moment total M_Σ, le moment de base M, dû à un état sans ou avec A. p. vers s^2, et le moment supplémentaire m, provenant d'une activation intermittente (A. i.) vers les *états intermittents* i_s ou i_p, le point de Curie étant attribué à des interactions entre les électrons dans l'état i_p.

En n'admettant dans Fe que des interactions suivant les rangées [100] (distances $d = 2{,}86$ Å), il n'y en aurait pas entre les deux réseaux cubiques simples I et II dont est composé le réseau du cube centré. Dans Fe_3Cr (ou Fe_3V), appelons Fe^I les atomes du cube I et $Fe^{II}Cr$ (ou $Fe^{II}V$) ceux du cube II. En admettant que les distances de l'ordre de 2,86 Å entre Fe^{II} et Cr (ou V) créent un *antiparallélisme des moments,* et en considérant que le moment de base de Cr (ou de V) est supérieur à celui de Fe et que c'est le moment résultant qui est orienté suivant le champ magnétique, nous constatons que le moment de Cr (ou V) sera parallèle, celui de Fe^{II} *antiparallèle* au champ. On obtient ainsi pour Fe_3Cr un moment de base moyen $\overline{M}$ (*voir* nos 1 et 2 du tableau)

Nos.		État de base.	en μ_B M.	en μ_B $\overline{M}$ (en μ_W).	en μ_B M_Σ.	en μ_B $\overline{M}_\Sigma$ (en μ_W).
		$2 Fe^I d^8$	2.2		2.2,20	
1	Pente vers Fe_3Cr....	$Fe^{II} d^8$	−2	1,5 (7;5)	−2,20	1,60 (8,00)
		$Cr\ d^6$	4		+4,20	
		$2 Fe^I d^8$	2.2		2.2,12	
2	Fe_3Cr...............	$Fe^{II} d^8$	−2	1,5 (7,5)	−2,06	1,53 (7,65)
		$Cr\ d^4 s^2$	4		+3,94	
		$2 Fe^I d^8$	2.2		2.2,20	
3	Pente vers Fe_3V....	$Fe^{II} d^8$	−2	1,75 (8,75)	−2,20	1,75 (8,75)
		$V d^5$	5		+4,80	
		$2 Fe^I d^8$	2.2		2.2,12	
4	Fe_3V...............	$Fe^{II} d^8$	−2	1,25 (6,25)	−2,12	1,25 (6,25)
		$V d^3 s^2$	3		+2,88	

(*) Séance du 17 avril 1950.

(1) M. Fallot, *Ann. Phys.*, 6, 1936, p. 306.

égal à 1,5 μ_B, indépendamment du fait que Cr soit à l'état d^6 ou à l'état d^4s^2. Pour Fe_3V par contre, on obtient $\overline{M} = 1,75 \mu_B$ pour l'état V d^5 et un moment *moindre* $\overline{M} = 1,25 \mu_B$ pour l'état V d^3s^2 (*voir* n°s 3 et 4).

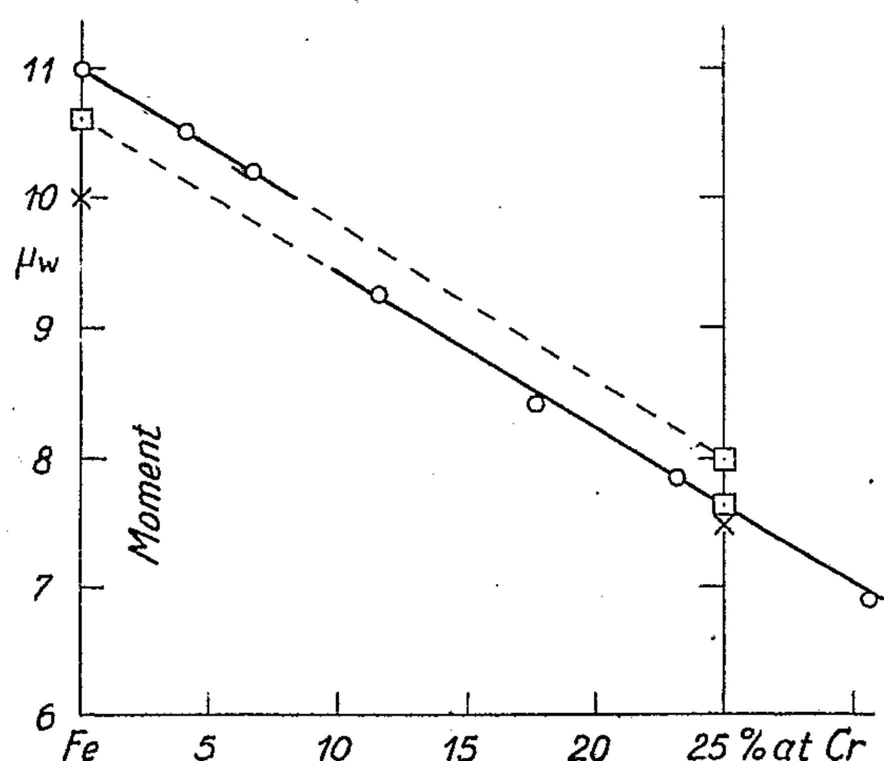


Fig. 1.

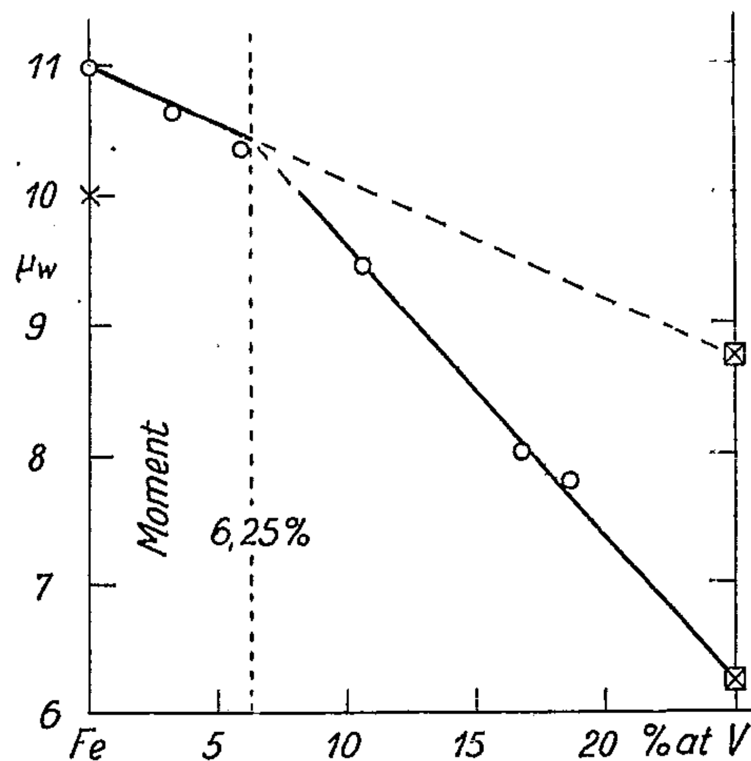


Fig. 2.

A ces moments de base M, il faut encore ajouter le moment dû à l'A. i. donné par $a.\beta\mu_B$, où a est le nombre d'A. i. élémentaires et $\beta = 0,010$. Dans les corps cubiques l'état i_s est *rempli* par $a = 8$ (états $4i_s2$), d'où le moment $m_s = 0,08\mu_B$. Le point de Curie permet de déterminer le nombre N des interactions (pour Fe : N = 12), ce qui permet de préciser l'état i_p (pour Fe : $4i_p3$) et le moment $m_p = 0,12\mu_B$. Le moment supplémentaire total sera donc $m = m_s + m_p = 0,08 + 0,12 = 0,20\mu_B$. Ce moment m doit être *ajouté* au moment de base M (cas de Fe et Crd^6) quand l'A. i. s'opère sur des paires d'électrons à l'état d. Il doit en être *retranché* quand elle s'opère sur des électrons solitaires à l'état d (cas de Crd^4s^2, Vd^5 et Vd^3s^2; voir les moments atomiques M_Σ du tableau).

L'état de Cr (ou V) *sans* A. p. (n°s 1 et 3) s'adapte le mieux au fer, qui en est dépourvu, lui aussi. Les pentes des moments expérimentaux de 0 à 6 % at. sont en effet dirigées vers les moments calculés sans état s^2 pour Fe_3Cr (ou Fe_3V). Les moments de Fe_3Cr (ou Fe_3V), *voir* n°s 2 et 4, ont été calculés *sans* A. i. vers $^{4i}s^2$; cette A. i. manque en effet souvent dans des alliages de ce type. Dans le calcul pour Fe_3Cr (n° 2) on a d'ailleurs tenu compte de la diminution du point de Curie. Les pentes expérimentales passent très bien par les valeurs calculées et confirment ainsi l'hypothèse de l'antiferromagnétisme dans ces alliages.

Remarquons que la discontinuité sur la courbe des moments des Fe-Cr est une expression de la disparition du moment m_s, dû à l'A. i. vers $^{4i}s^2$, d'ailleurs non indispensable au ferromagnétisme.

MAGNÉTISME. — *Traînage magnétique décelé à l'aide d'un choc*. Note (*) de M. **Louis Lliboutry**, présentée par M. Aimé Cotton.

Au lieu d'une petite variation du champ magnétique, un léger choc permet aussi de déceler le traînage magnétique d'un acier. Tout le traînage de la substance est décelé et pas seulement celui des parois à 90°, comme le laisserait prévoir une théorie de W. F. Brown sur l'effet magnétique des chocs.

Dans une précédente Note ([1]) j'ai signalé que le traînage magnétique consécutif à l'établissement d'un champ H faible pouvait se déceler en donnant au champ un petit accroissement supplémentaire h : la petite variation d'aimantation j correspondante est d'autant plus faible qu'on a attendu plus longtemps. On peut, au lieu de modifier le champ, donner un petit choc : le résultat observé est le même.

La variation d'aimantation j_1 à la suite d'un choc dépend donc du temps t qui s'est écoulé entre l'établissement du champ et le choc. Je mesurerai cet effet par la quantité

$$s_1 = -\frac{1}{2RH}\frac{dj_1}{d(\log t)}$$

s'il s'agit de la première aimantation,

$$s_1 = -\frac{1}{RH}\frac{dj_1}{d(\log t)}$$

s'il s'agit de la rémanence correspondante (R désignant le coefficient de H^2 dans la loi de Rayleigh relative à la première aimantation). Cette quantité, que j'appellerai *traînage décelé par le choc*, ne varie que très lentement avec t. Voici les valeurs obtenues pour l'acier demi-dur précédemment étudié ([1]), au voisinage de $t = 1$ mn; les chocs étaient produits par le procédé expérimental décrit dans une précédente Note ([2]).

	Vitesse d'impact (cm/sec)..........	2,5.	5.	12,5.	25.
H = 0,70 gauss (rémanente)	$j_1 \cdot 10^3$ (u. é. m.)....	−27,2	−43,8	−148	−294
	$h_1 \cdot 10^3$ (gauss)......	−7,3	−12,0	−39,9	−79,3
	$s_1 \cdot 10^3$ »	0,71	0,58	1,07	0,92
H = 3,16 gauss (rémanente)	$j_1 \cdot 10^3$ (u. é. m.)....	−48,6	−127	−415	−924
	$h_1 \cdot 10^3$ (gauss......	−2,9	−7,6	−24,8	−55,2
	$s_1 \cdot 10^3$ »	0,39	0,65	1,08	1,57
H = 0,70 gauss (première aimantation)	$j_1 \cdot 10^3$ (u. é. m.)....	37,7	90,0	205,5	574
	$h_1 \cdot 10^3$ (gauss)......	5,1	12,1	27,6	77,5
	$s_1 \cdot 10^3$ »	0,65	0,66	1,02	1,37

(*) Séance du 17 avril 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1042.

([2]) L. Lliboutry, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1307.

Dans ce tableau h_1 est le très petit champ qui provoquerait une variation irréversible d'aimantation (au second ordre près $2RHh_1$ sur la courbe de première aimantation, $-RHh_1$ à partir de la rémanence), égale à celle causée par le léger choc.

Si nous comparons ces valeurs de $s_1(h_1)$ aux valeurs de $s(h)$ qui figurent dans la Note ([1]), nous voyons que les points expérimentaux relatifs à un choc et ceux relatifs à une petite variation du champ magnétique sont groupés autour d'une même courbe.

En particulier le traînage décelé s_1 croît lorsque l'intensité des chocs augmente jusqu'à une valeur limite, qui n'est autre que la constante de Néel S du traînage ([3]), relative à l'acier considéré. On peut donc aisément mesurer les constantes S de diverses substances par des expériences de choc. Lorsque l'intensité des chocs augmente, s_1 tend vers S, mais la précision des mesures diminue.

A la suite d'un choc, qui permet de déceler un traînage s_1, un petit champ supplémentaire h_2, ou bien un deuxième choc, permettent de décæler un traînage $S-s_1$. Plus exactement ils en décèlent une partie, fonction de h_2 (dans le cas du choc, h_2 étant le champ équivalent défini ci-dessus) suivant une loi tout à fait analogue. Cette observation s'explique immédiatement dans le schéma de grains fictifs élémentaires indépendants les uns des autres.

L'égalité des traînages décelés par un léger choc et par un petit champ est inexplicable dans la théorie qu'a donnée W. F. Brown des variations d'aimantation lors d'un choc ([4]). Le choc provoque des compressions et (en faisant appel aux vibrations résiduelles) des dilatations qui, dans cette théorie, ne déplacent que les parois de Bloch à 90°. Le traînage lors du déplacement des parois à 180° ne devrait pas être également décelé.

Cette contradiction à la théorie de Brown en rejoint d'autres que j'ai observées par ailleurs : effets dissymétriques d'une tension et d'une compression, accommodation progressive des cycles d'hystérésis, contradictions que l'on ne peut expliquer qu'en faisant appel à de nouveaux mécanismes pour le déplacement des parois. On peut ainsi supposer que les obstacles qui s'opposent aux déplacements des parois se modifient, et aussi que ces déplacements ne sont pas indépendants les uns des autres.

([3]) L. Néel, *J. de Physique*, 40, 1950, p. 49.

([4]) *Phys. rev.*, 75, 1949, p. 147.

MAGNÉTISME. — *Sur l'évolution des propriétés magnétiques de l'oxygène adsorbé sur charbon activé dégazé à vide et à chaud.* Note de M. **Clément Courty**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note déjà ancienne ([1]) j'ai montré l'évolution du magnétisme de l'oxygène adsorbé sur charbon activé au cours du temps. Il s'agissait d'un charbon de coques de noix de coco, activé à la vapeur d'eau, que j'avais soumis au vide *à froid*, puis, qui avait reçu de l'oxygène pur et sec. Le coefficient d'aimantation de ce gaz, qui était égal à $+107,8.10^{-6}$ au moment de l'adsorption, prenait les valeurs respectives $+107,5.10^{-6}$, $+105,6.10^{-6}$, $+104,7.10^{-6}$, $+89,51.10^{-6}$ au bout de 1, 8, 10, 45 jours.

En prenant de très grandes précautions, et en tenant compte des corrections à apporter aux mesures optiques lorsque la déviation du spot est très grande, il a été possible de recommencer les mesures sur un charbon de même origine, dégazé sous vide et à haute température. Une masse de $0^{g},9541$ de charbon provenant d'un lot contenant 0,0084 % de fer, par conséquent souillé de $0^{mg},0801$ de ce métal, a été mise dans une ampoule de quartz de $1^{cm^3},42$ de capacité utile, qui, vide d'air, donnait un écart à la balance magnétique de $-535^{mm},5$. L'ampoule ainsi garnie a été soumise à un vide de l'ordre de $0^{mm},02$ de pression, au moyen d'une pompe à condensation de mercure, pendant 6 heures, vers 900° C.

Après refroidissement, l'ampoule scellée a donné un écart à la balance magnétique de 2961^{mm}. Le coefficient d'aimantation du charbon ainsi traité était $10^6\chi = +7,215$, correspond à une masse de charbon de $0^{g},9416$. Comme, pendant le chauffage sous vide, il y a eu réduction des oxydes métalliques par le charbon, en particulier réduction des oxydes de fer, ceci nous explique le fort magnétisme de l'échantillon.

L'ampoule a été ouverte dans de l'oxygène pur et sec, puis scellée de nouveau. La masse d'oxygène fixée a été de $0^{g},0139$, soit $13^{mg},9$ pour $0^{g},9416$ de charbon, et cette fixation s'est accompagnée d'un appréciable dégagement de chaleur, correspondant à une élévation de température de 30° C, soit, en prenant 0,2 comme chaleur spécifique du charbon, un dégagement de chaleur de l'ordre de $5^{cal},6$, en accord avec les mesures de Perreu ([2]), qui, travaillant vraisemblablement sur un charbon de même nature, a fixé $13^{mg},89$ d'oxygène par gramme de charbon et a obtenu un dégagement de chaleur de $5^{cal\text{-}g},44$. Cela correspond à 12530 cal/mol-g d'oxygène adsorbé, en tant que chaleur intégrale d'adsorption; comme on admet, dans l'adsorption physique sur charbon activé, environ 4000 cal/mol-g de gaz, il y aurait donc eu, nettement, adsorption activée.

([1]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 832.

([2]) *Bull. Soc. Chim. de France*, **47**, 1949, p. 43-919.

Cependant, nous allons voir que l'état de l'oxygène, dans ce charbon, est sensiblement le même que dans le cas du charbon dégazé sous vide et à froid. Ceci présente, à mon avis, un très gros intérêt, car, étant donné le fort dégagement de chaleur que donne, avec l'oxygène, le charbon dégazé sous vide et à chaud, on pouvait s'attendre, dans ce cas, à une formation de gaz carbonique. Or, il n'y a aucune différence avec l'adsorption de l'oxygène sur charbon dégazé sous vide et à froid, hormis le fort dégagement de chaleur initial, qui est insignifiant quand l'évacuation se fait à froid.

L'ampoule, remise dans la balance magnétique, a donné, le lendemain, un écart de 2 596^{mm}. Le coefficient d'aimantation de l'ensemble, correspondant à une masse totale de 0^g,9 555, a été $10^6\chi = +6,193$.

Malgré le magnétisme de l'oxygène, le coefficient d'aimantation a diminué. Cela provient du fait que les oxydes de fer qui avaient été, sans doute, partiellement réduits, se sont oxydés, et les oxydes formés étant moins magnétiques que l'oxyde magnétique (et *a fortiori*, que le métal), le magnétisme du charbon et du fer qu'il contient, a décru. Admettons, comme l'expérience nous l'a montré dans le travail déjà cité ([1]), que le coefficient d'aimantation de l'oxygène est $+107,5.10^{-6}$ un jour après l'adsorption; le coefficient d'aimantation du charbon est devenu $10^6\chi = +4,697$.

Mais, 15 jours après, l'ampoule a donné dans la balance magnétique un écart de 2552^{mm}, correspondant à un coefficient d'aimantation de l'ensemble $10^6\chi = +6,108$. Le coefficient d'aimantation de l'oxygène est donc devenu, au bout de 15 jours, $+101,6.10^{-6}$. Or, en calculant ce coefficient avec les résultats figurant au début de cette Note, on aurait trouvé, dans le cas du charbon vidé à froid, $+102,5.10^{-6}$.

L'écart est inférieur aux erreurs expérimentales.

En conclusion, la décroissance du paramagnétisme de l'oxygène adsorbé par le charbon activé est du même ordre, que le charbon ait été dégazé sous vide, à froid, ou à chaud.

On pourrait interpréter autrement les résultats, en supposant que l'excédent de chaleur dégagée par l'adsorption activée, soit 12 530-4 000 = 8 530^{cal}, provient d'une formation de gaz carbonique; le calcul montre que, sur les 0^g,0139 d'oxygène fixés, 0^g,0012 passeraient à l'état de gaz carbonique, de coefficient d'aimantation $-0,475.10^{-6}$; et le coefficient d'aimantation du charbon seul donnerait $10^6\chi = +4,833$, au lieu de $+4,697$. Il en résulte alors, au bout de 15 jours, un coefficient de $+101,3.10^{-6}$ pour l'oxygène.

Cette deuxième interprétation conduit donc au même résultat, ce qui généralise mes premières mesures ([2]).

Il reste à interpréter la nature de l'équilibre qui s'établit, très lentement entre le charbon et l'oxygène.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés directives des antennes de réception.* Note (*) de M. **Élie Roubine**, présentée par M. Louis de Broglie.

On précise les conventions nécessaires à une généralisation correcte de l'identité des propriétés directives d'une antenne à l'émission et à la réception, en polarisation elliptique des champs. On donne quelques formules relatives aux conditions effectives d'emploi des antennes de réception.

1. Soit $\vec{\mathcal{F}}(\vec{u})$ la caractéristique complexe d'une antenne d'émission dans la direction $\vec{u}$, relativement au courant d'entrée I_0 $\left[\text{le champ à grande distance } r\right.$ a pour expression : $\left.60 j I_0 (e^{-jkr}/r)\vec{\mathcal{F}}(\vec{u})\right]$. Il résulte inversement du théorème de réciprocité qu'un champ incident $\vec{\mathcal{E}}$ aux bornes de l'antenne, se propageant dans la direction $-\vec{u}$, induit, en réception, une f. é. m. d'expression très générale

$$\mathcal{V} = \frac{2}{k}\vec{\mathcal{E}}.\vec{\mathcal{F}}(\vec{u}) \tag{1}$$

La puissance active consommée par la charge $\mathcal{Z} = R + jX$:

$$W = \frac{2R}{k^2}\left|\frac{\vec{\mathcal{E}}.\vec{\mathcal{F}}}{\mathcal{Z}_0 + \mathcal{Z}}\right|^2 \tag{2}$$

définit les propriétés directives de l'antenne de réception.

2. La directivité à l'émission est définie par la caractéristique $\vec{\mathcal{F}}(\vec{u})$ et à la réception par le produit scalaire $\vec{\mathcal{E}}.\vec{\mathcal{F}}(\vec{u})$. Le problème de l'identité des propriétés directives n'est donc bien posé que si le champ incident satisfait à des conditions qui rendent son effet indépendant de la direction $\vec{u}$.

3. Lorsque la directivité à l'émission est définie par deux composantes orthogonales et transversales $\mathcal{F}_\alpha$ et $\mathcal{F}_\beta$ (d'où un couple de surfaces caractéristiques), on doit considérer corrélativement en réception deux champs incidents polarisés rectilignement suivant $\vec{\alpha}$ et $\vec{\beta}$, d'amplitudes constantes. *La réciprocité des propriétés directives est limitée à l'identité des deux couples de surfaces caractéristiques. Le procédé ne se prête pas à la comparaison des gains absolus.*

4. Un second point de vue consiste à utiliser le gain absolu à l'émission $G(\vec{u})$, c'est-à-dire, pour une antenne sans pertes, la norme $\vec{\mathcal{F}}.\vec{\mathcal{F}}^*$ rapportée à sa moyenne étendue à toutes les directions de l'espace. Une surface de rayonnement unique caractérise la répartition du rayonnement.

(*) Séance du 24 avril 1950.

Associons aux vecteurs $\vec{\mathscr{E}}$ et $\vec{\mathscr{F}}$ des vecteurs réduits $\vec{\mathscr{E}}_0$ et $\vec{\mathscr{F}}_0$ de norme unité. A la réception, la charge adaptée : $\mathfrak{Z} = \mathfrak{Z}_0^*$ consomme alors la puissance :

$$\mathrm{W}(\vec{u}) = \frac{\lambda^2}{4\pi}\mathrm{P}\mathrm{G}(\vec{u})\rho(\vec{u}), \tag{3}$$

où P est l'intensité du vecteur de Poynting transporté par le champ incident et $\rho(\vec{u})$ un facteur dit de polarisation, défini par

$$\rho(\vec{u}) = \left|\vec{\mathscr{E}}_0.\mathscr{F}_0(\vec{u})\right|^2. \tag{4}$$

L'aire d'absorption de l'antenne de réception est alors :

$$\mathrm{S}(\vec{u}) = \frac{\lambda^2}{4\pi}\mathrm{G}(\vec{u})\rho(\vec{u}). \tag{5}$$

Si P est indépendant de la direction $\vec{u}$, le gain absolu de réception a pour expression :

$$\Gamma(\vec{u}) = \frac{\mathrm{W}(\vec{u})}{\overline{\mathrm{W}}} = \frac{\mathrm{S}(\vec{u})}{\overline{\mathrm{S}}} = \mathrm{G}(\vec{u})\frac{\rho(\vec{u})}{\overline{\rho}}, \tag{6}$$

où les lettres surlignées représentent des moyennes étendues à tout l'espace.

Le facteur de polarisation est au plus égal à l'unité lorsque les vecteurs réduits $\vec{\mathscr{E}}_0$ et $\vec{\mathscr{F}}_0$ sont conjugués. *Les ellipses de polarisation associées sont alors égales et parcourues en sens contraire par rapport à* $\vec{u}$. *Les gains absolus d'émission et de réception sont dans ce cas égaux et les propriétés directives identiques.* La discussion du facteur de polarisation est aisée dans les conditions effectives d'emploi de l'antenne ([1]). Une analogie optique intéressante permet d'abréger cette discussion; ρ est l'intensité de la lumière rectiligne transmise par un nicol accolé à une lame quart d'onde sur laquelle tombe la lumière elliptique $\vec{\mathscr{E}}_0$. On considère souvent un champ incident polarisé rectilignement dans la direction du grand axe de l'ellipse de polarisation du champ rayonné. Le procédé n'est pas correct. En désignant par $\mathrm{tg}\, a$ le rapport des axes de cette ellipse, on trouve en effet :

$$\Gamma(\vec{u}) = \mathrm{G}(\vec{u})\frac{\cos^2 a}{\overline{\cos^2 a}}. \tag{7}$$

On peut vérifier que ρ est nul lorsque les ellipses (E_0) et (F_0) sont égales, disposées à angle droit et parcourues dans le même sens. En particulier on retrouve le résultat connu suivant : une antenne rayonnant un champ polarisé circulairement est opaque à tout champ incident polarisé circulairement dans le même sens par rapport à un même observateur.

([1]) E. Roubine, *L'onde électrique* (sous presse).

Enfin, lorsque la condition $\rho = 1$ est satisfaite, et dans ce cas seulement, la relation (5) se réduit à la relation fondamentale connue

$$S = \frac{\lambda^2}{4\pi} G.$$

PHOTOGRAPHIE. — *Application des lampes à éclairs lumière blanche : Photomicrographie instantanée en microscopie ordinaire et en microscopie à contraste de phase.* Note (*) de M. **Marcel Laporte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les résultats favorables obtenus précédemment pour l'éclairage des trajectoires de brouillard de Wilson ([1]) et la Cinématographie des spectres d'absorption d'un milieu chimiquement réactif ([2]), comme application des caractéristiques lumineuses des éclairs produits dans la décharge d'un condensateur à travers un tube contenant du xénon ([3]), nous ont incité à aborder le problème de la photomicrographie en instantanés ultra-rapides (durée de pose inférieure au 10/1 000 de seconde), en microscopie ordinaire et en microscopie à contraste de phase.

Les clichés ci-contre établissent l'efficacité de ce mode d'éclairage : le cliché (1) représente en microscopie ordinaire la photomicrographie d'une diatomée; les clichés (2) et (3) représentent, en microscopie à contraste de phase, les photomicrographies de cellules épithéliales de l'écaille d'un bulbe d'oignon et de bactéries du charbon, en préparations vivantes, fraîches et non colorées.

Les difficultés qui restent à surmonter sont seulement relatives à la construction de lampes capables de dissiper une puissance moyenne de l'ordre du kilowatt pour une cadence de prise de vues de 25 par seconde; nous espérons en apporter prochainement la solution, mais, dès maintenant, les modèles actuels permettent une cadence de quelques éclairs à la seconde, suffisante sans doute pour beaucoup d'observations biologiques.

Le cliché (2) a été obtenu avec écran vert, oculaire 12 et objectif 26, c'est-à-dire avec un grossissement d'environ 300; le cliché (3) a été obtenu, sans écran, avec oculaire 12 et objectif 100 à immersion, grossissement environ 1 200; ils résultent en outre d'un agrandissement photographique d'abord sur le film puis par tirage.

(*) Séance du 17 avril 1950.

([1]) M. Laporte et J. Teillac, *J. de Phys.*, 9, 1948, p. 253.

([2]) M. Laporte, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1902 et *Bull. Soc. chim. de France*, janvier 1950.

([3]) M. Laporte, *Les lampes à éclairs lumière blanche et leurs applications*, Paris, 1949.

L'énergie qu'il est nécessaire de dépenser dans l'éclair est environ cinq fois plus grande dans le cas de la microscopie à contraste de phase que dans la microscopie ordinaire.

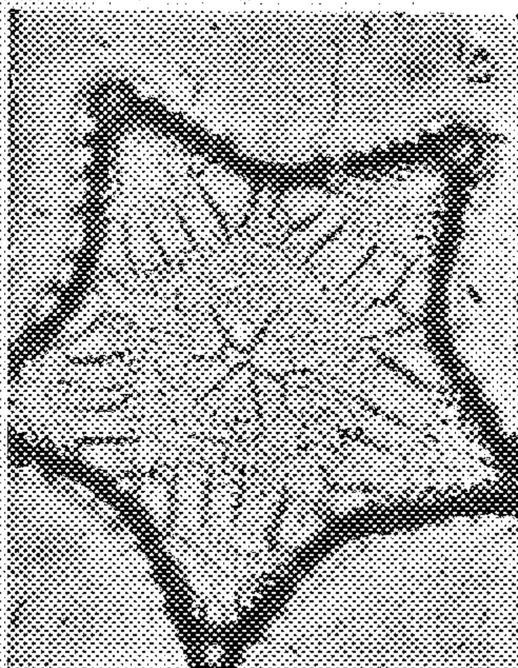


Fig. 1.

Les énergies employées ont été de l'ordre de quelques dizaines de joules; elles pourront sans doute être réduites lorsque les conditions optima de l'utilisation des lampes (sources lumineuses en volume) seront mieux connues.

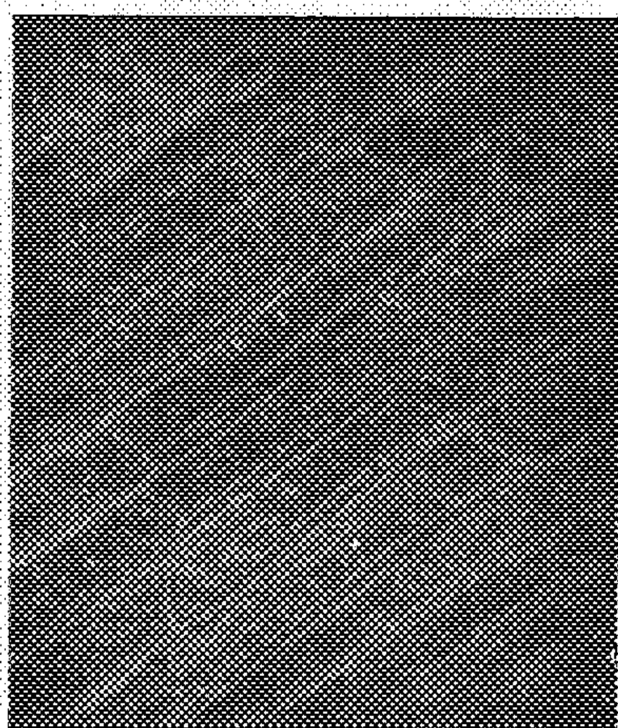


Fig. 2.

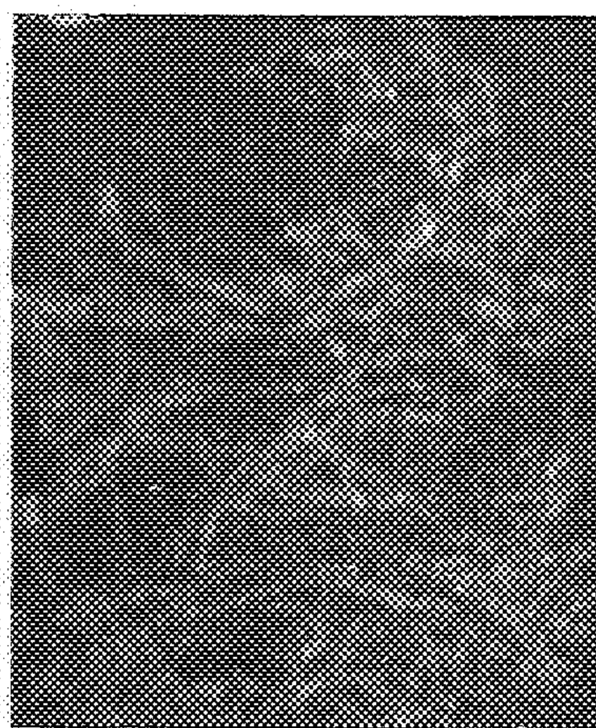


Fig. 3.

L'obtention de photomicrographies instantanées ultra-rapides ouvre immédiatement la voie et dans des conditions particulièrement simples à la Cinéphotomicrographie aussi bien en microscopie ordinaire qu'en microscopie à contraste de phase; nous savons en effet déjà répéter périodiquement les éclairs suivant une cadence choisie.

SPECTROSCOPIE. — *Émission des raies interdites* (OI) 6300 Å ($^3P_2 - {}^1D_2$) *et* (OI) 6364 Å ($^3P_1 - {}^1D_2$) *par décomposition moléculaire*. Note (*) de Mme Renée Herman et M. Charles Weniger, présentée par M. A. Cotton.

On décrit un nouveau mode d'excitation des raies aurorales rouges (OI) 6300 Å ($^3P_2 - {}^1D_2$) et 6364 Å ($^3P_1 - {}^1D_2$). Il consiste à provoquer l'émission du système de Schumann-Runge de la molécule d'oxygène et à former, par dissociation du niveau supérieur, des atomes O(^1D). Les nouvelles bandes du système ($B^3\Sigma - X^3\Sigma$) de O_2 identifiées entre 5000 et 6300 Å figurent dans le tableau I.

On sait que dans les spectres des aurores de basse latitude et du crépuscule la raie (OI) 6300 Å ($^3P_2 - {}^1D_2$) est fortement exaltée par rapport à la raie aurorale (OI) 5577 Å ($^1D_2 - {}^1S_0$), bien que la probabilité de transition spontanée de cette dernière soit environ 300 fois plus grande que celle de (OI) 6300 Å. Les longueurs d'onde des raies rouges ont été mesurées au laboratoire par Paschen et Hopfield et, dans les aurores, par Vegard et Harang.

Les expériences faites par de nombreux chercheurs montrent qu'il est relativement aisé d'exciter la raie verte avec une grande intensité alors que les raies rouges apparaissent rarement. De toute façon, on n'a pas réussi jusqu'ici à les reproduire avec une intensité de même ordre que celle de (OI) 5577 Å.

Pour obtenir une émission intense des raies ($^3P - {}^1D_2$), il semble souhaitable de mettre en jeu un processus dans lequel, seuls, les atomes ^1D soient produits. C'est un tel processus que J. Cabannes et H. Garrigue ont imaginé pour expliquer l'exaltation des raies rouges au moment du crépuscule. Ils supposent qu'il pourrait y avoir dissociation de la molécule d'ozone sous l'action du rayonnement solaire en une molécule O($^1_g\Sigma$) et un atome O(^1D). L'examen des niveaux de la molécule O_2 montre que l'état $B^3\Sigma$, niveau supérieur des bandes de Schumann-Runge, se dissocie en O(^3P) + O(^1D). Nous avons donc cherché à exciter ces bandes, en émission, avec une température apparente élevée, de façon à atteindre la dissociation de l'état supérieur. Pour cela, un courant d'oxygène sous la pression atmosphérique provenant d'une bouteille à oxygène comprimé était excité par une décharge de haute tension. Dans ces conditions, le système $O_2(B^3\Sigma - X^3\Sigma)$ est extrêmement développé et s'étend à partir de 2100 Å (limite de transparence de l'optique de quartz) au delà de 6300 Å (1). Les maxima d'intensité que nous avons pu

---

(*) Séance du 12 avril 1950.

(1) M. N. Feast, *Proceedings of the Physical Society*, A, 62, 1949, p. 114, avait observé ces bandes jusqu'à 5000 Å en utilisant un arc à bas voltage dans l'oxygène sous pression atmosphérique.

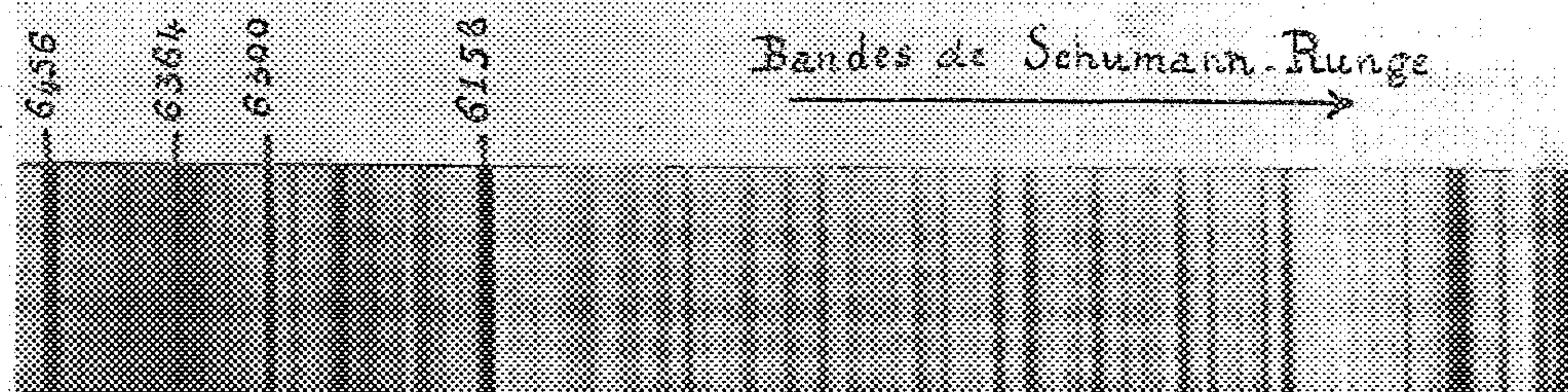
repérer avec la faible dispersion employée et qui correspondent probablement aux têtes figurant dans le tableau I.

TABLEAU I.

Nouvelles bandes d'émission du système de Schumann-Runge
(*de* O_2 *entre* 5000 *et* 6300 Å) :

(0,22)	(0,23)	(0,24)	(0,26)
(1,25)	(1,26)	(1,27)	–
(2,25)	–	–	–
(3,25)	–	(3,28)	–
(4,25)	(4,26)	(4,27)	(4,28)
(5,25)	(5,28)	(5,30)	–
(6,26)	–	–	–
(7,26)	(7,28)	(7,29)	–
(8,30)	(9,30)	(10,30)	–

En même temps que les bandes de Schumann-Runge, dont la structure de rotation est très développée, on observe, en émission, les raies (OI) 6300 et (OI) 6364 Å. Leur intensité est grande par rapport à celle de (OI) 5577 et serait suffisante pour permettre des mesures interférentielles de la longueur d'onde. La reproduction ci-contre montre à la fois la présence des raies rouges interdites et des raies permises voisines : 6158, 6157, 6156 Å ($3^5P - 4^5D^0$) et 6456, 6454 Å ($3^5P - 5^5S^0$).



Ce procédé semble avoir été rarement utilisé et constitue un remarquable exemple d'excitation des raies atomiques par un processus inverse de celui, souvent observé, d'une émission moléculaire par recombinaison atomique. Si ce mécanisme joue un rôle dans l'émission des raies rouges interdites de l'oxygène dans la haute atmosphère, les bandes $O_2(B^3\Sigma - X^3\Sigma)$ devraient également être présentes en émission.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Théorie classique des bandes d'absorption de vibration et de rotation des molécules homopolaires dans un fluide soumis à un champ électrique. Résonance de l'effet Kerr dans les domaines infrarouge et ultrahertzien.* Note de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Jean Cabannes.

On établit la théorie des bandes d'absorption infrarouge de molécules homopolaires placées dans un champ électrique et l'on montre l'analogie entre le spectre d'absorption électrique et le spectre Raman des mêmes molécules. On évalue l'ordre de grandeur de l'effet d'absorption. Son anisotropie est liée à un effet de résonance de la biréfringence électrique. De mesures effectuées dans le domaine des radiofréquences on pourra déduire les constantes moléculaires de molécules homopolaires anisotropes.

Des investigations récentes (1) ont montré que les vibrations-rotations des molécules homopolaires, normalement inactives, apparaissent en absorption infrarouge dans les liquides et les gaz comprimés. Les caractères de cette absorption indiquent qu'elle est due à un moment électrique induit dans les molécules par le champ intermoléculaire électrique.

Un effet d'absorption, d'interprétation théorique plus simple, se produit lorsqu'on soumet les molécules d'un fluide à un champ électrique constant et uniforme $\vec{E}$ qui induit dans chaque molécule un moment induit $\vec{p}=[a]\vec{E}$, $[a]$ étant le tenseur de polarisabilité électrique de la molécule qui dépend de son orientation. Un mouvement de vibration (ou de rotation) caractérisé par la coordonnée normale $q=Q\cos 2\pi nt$ modifie ce tenseur qui devient $[a]=[a_0]+[\mathcal{E}]\cos 2\pi nt$ avec $\mathcal{E}_{ij}=Q(\partial a_{ij}/\partial q)_0$, $[\mathcal{E}]$ étant le *tenseur de polarisabilité dérivé*. A la partie variable du moment électrique $\vec{p}=[\mathcal{E}]\vec{E}\cos 2\pi nt$ correspond, d'après la théorie classique une émission de rayonnement. Un observateur visant normalement à $\vec{E}$ observera, par centimètre cube de fluide, à travers un biréfringent, les intensités des vibrations parallèles et perpendiculaires à $\vec{E}$

$$I_{\parallel}=\frac{16\pi^4\nu^4}{c^4}N\overline{p_{\parallel}^2},\qquad I_{\perp}=\frac{16\pi^4\nu^4}{c^4}N\overline{p_{\perp}^2}.$$

N étant le nombre de molécules par centimètre cube. Les carrés moyens des projections sont donnés par

$$\overline{p_{\parallel}^2}=E^2\left(\alpha'^2+\frac{4}{45}\Delta'^2\right),\qquad \overline{p_{\perp}^2}=E^2\left(\frac{3}{45}\Delta'^2\right).$$

Les invariants α'^2 et Δ'^2 du tenseur $[\mathcal{E}]$ sont

$$\alpha'^2=\frac{1}{9}(\Sigma\mathcal{E}_{ii})^2,\qquad \Delta'^2=\frac{1}{2}\Sigma(\mathcal{E}_{ii}-\mathcal{E}_{jj})^2+3\Sigma\mathcal{E}_{ij}^2.$$

(1) G. Herzberg, *Nature*, 163, 1949, p. 170; Crawford, Welsh et Locke, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1607 et 76, 1949, p. 580; Oxholm et Williams, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 151.

A ce pouvoir émissif correspondent des intensités d'absorption ([2])

$$K_\chi = \int k_\nu \, d\nu = \frac{2\pi^3}{3} \frac{\nu}{hc} \overline{p_\chi^2}.$$

Le rapport des coefficients d'absorption $K_\perp$ et $K_\parallel$ du milieu pour des vibrations perpendiculaires et parallèles à $\vec{E}$ est donné par le *facteur de dichroïsme*

$$f = \frac{K_\perp}{K_\parallel} = \frac{\overline{p_\perp^2}}{\overline{p_\parallel^2}} = \frac{3\,\Delta'^2}{45\,\alpha'^2 + 4\,\Delta'^2}.$$

Lorsque le champ $\vec{E}$ est celui d'une onde lumineuse incidente

$$\vec{E}_t = \vec{E}_0 \cos 2\pi N t,$$

le milieu diffuse des raies Raman de fréquence $N \pm n$ dont l'amplitude du moment électrique est $1/2[\mathcal{E}]\vec{E}_0$.

L'absorption dans un champ électrique est donc caractérisée, au facteur 2 près, par le même tenseur que la raie Raman correspondante.

Toutes les règles de sélection et de polarisation valables pour le spectre Raman peuvent donc se transposer au spectre d'absorption électrique *des mêmes molécules.*

Ainsi l'expression du facteur de dichroïsme f d'une raie d'absorption est identique au facteur de dépolarisation ρ de la raie Raman correspondante excitée en lumière polarisée, et seules les molécules anisotropes donnent lieu à des raies d'absorption électrique dans l'infrarouge lointain ou dans l'ultrahertzien.

Les données que nous possédons sur l'intensité des bandes d'absorption naturelles des molécules hétéropolaires [bande fondamentale de vibration de ClH ([3])] et sur l'intensité des raies Raman des molécules homopolaires [raie de vibration Raman de H_2 ([4])] permettent d'évaluer l'ordre de grandeur des coefficients d'absorption électrique de ces dernières. Dans des champs de l'ordre de 10^5 V/cm il faut utiliser des couches gazeuses de l'ordre du Km-atm pour déceler l'absorption électrique.

Au dichroïsme d'absorption électrique se trouvent liées une exaltation et une dispersion anormale de la *biréfringence électrique* au voisinage des fréquences critiques. L'étude des transitions de rotation des molécules homo-

([2]) *Voir* l'exposé de Mme J. VINCENT, *J. Phys.*, 11, 1950, p. 1 D.

([3]) D. G. BOURGIN, *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 794; C. F. MEYER et A. A. LEVIN, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 44.

([4]) S. BHAZAVANTAM, *Scattering of Light and the Raman Effect*, 1942, p. 191.

polaires dans le domaine des radiofréquences permettra des déterminations précises de leurs moments d'inertie et de leurs distances interatomiques.

Addendum. — Après la présentation de cette Note mon attention a été dirigée sur un article de E. U. Condon (*Phys. Rev.*, 41, 1932, p. 759) et sur une Note de L. A. Woodward (*Nature*, 165, 1950, p. 198) qui traitent du même sujet.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des phénomènes de dépolarisation dans les éléments de piles au bioxyde de manganèse.* Note de MM. **Jean Brenet** et **André Heraud**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les théories chimiques classiques de la dépolarisation dans les éléments de piles au bioxyde de manganèse ne peuvent justifier les quantités d'électricité obtenues dans ces éléments. On est amené à confirmer le caractère catalytique des phénomènes de dépolarisation, et à envisager une relation entre le processus de dépolarisation et les états de surface du dépolarisant, et non pas uniquement avec la grandeur de cette surface.

Le problème du mécanisme de la dépolarisation dans les éléments de piles au bioxyde de manganèse, a en général été abordé en considérant que le bioxyde de manganèse intervient comme oxydant et se réduit à un oxyde inférieur Mn_2O_3, voire même pour certains auteurs à Mn_3O_4 et MnO.

Les différentes théories qui ont pu être données ne sont en fait que de légères variantes de la théorie élémentaire qui envisage la réduction de MnO_2 par l'hydrogène qui se porterait au pôle positif de l'élément. A l'examen, ces théories présentent de très graves défauts qui nous ont conduits à entreprendre une série de contrôles expérimentaux.

Nous pouvons retenir de ces études les résultats essentiels suivants :

a. La consommation de zinc au pôle négatif de la cellule est conforme à la loi de Faraday. Par conséquent, la diminution de masse de l'électrode de Zn correspond exactement à la quantité de courant débité.

b. La masse de MnO_2 introduite comme dépolarisant dans l'électrode positive de la cellule serait tout à fait insuffisante pour justifier les quantités d'électricité recueillies au cours du débit de la cellule, si l'on admettait uniquement une réduction de MnO_2 à Mn_2O_3. En admettant également comme possible une réduction poussée jusqu'à Mn_3O_4 ou MnO, on se heurte alors aux résultats des analyses faites sur la masse dépolarisante. Il y a incompatibilité absolue entre les quantités de MnO_2 réduites et les quantités théoriques qui correspondraient à l'obtention de Mn_3O_4 ou MnO comme produit final.

c. Dans ces conditions, tout mécanisme permettant d'expliquer la dépolarisation dans les cellules de ce type devra tenir compte des résultats obtenus en *a* et *b*. En particulier, vu que la consommation en Zn au pôle négatif est conforme aux prévisions des lois de Faraday, il faudra donc qu'au pôle positif l'évolution des ions positifs soit aussi conforme à ces mêmes lois.

Il nous est apparu dès lors que deux faits essentiels devaient être notés :

A. Si le débit de la cellule est très intense, il y a formation au sein de la masse dépolarisante d'un complexe zinc-ammonium qui tend à élever rapidement la résistance interne de l'élément, dans des proportions telles que le débit utile est à peu près négligeable.

B. Si l'on prend certaines précautions expérimentales en isolant le compartiment de l'électrode positive du compartiment de l'électrode négative, afin d'éviter la diffusion rapide d'ions Zn vers le pôle positif, on observe une polarisation de la cellule qui est alors le phénomène essentiel entraînant l'affaiblissement du courant débité par la cellule. C'est précisément cette polarisation, et par suite la dépolarisation correspondante qui sont les phénomènes fondamentaux à étudier.

Certains auteurs (¹) ont suggéré une action catalytique de MnO_2, il apparaît en effet peu probable que l'intervention de MnO_2, d'après les résultats mentionnés en *b* soit uniquement chimique. Contrairement à ce que l'on pense généralement nous avons observé récemment, pour un bioxyde ayant été utilisé dans une cellule, un effet de fatigue qui peut être comparé à celui signalé dans les processus catalytiques exposés par l'un de nous (¹). L'effet de fatigue conduit à une perte de capacité atteignant parfois 25 à 30 % de la capacité obtenue avec ce dépolarisant dans son état initial. Cet effet peut alors, comme dans le cas des décompositions catalysées par MnO_2 (¹), faire penser à des phénomènes qui ne sont pas exclusivement chimiques.

En outre, S. Teichner (²) a réalisé récemment des mesures de surface d'un certain nombre de nos échantillons par la méthode Brunauer-Emmet-Teller (³). Ces mesures nous ont montré nettement que les surfaces ainsi déterminées n'étaient nullement en relation directe avec le pouvoir dépolarisant et catalytique des échantillons. Ceci est conforme aux observations de M. Prette (⁴) sur les catalyseurs. Il semble donc bien que la qualité dépolarisante, si elle est en relation avec la surface du bioxyde, est davantage liée à l'état de cette surface qu'à sa grandeur.

Enfin nous pouvons penser que l'état de surface du bioxyde relève de deux facteurs :

1° l'un qui pourrait résulter des distorsions de plans réticulaires de la pyrolusite. Ces distorsions se manifestent en effet par un élargissement des raies de diagrammes par rayons X;

2° l'autre, qui pourrait résulter des modifications de distances manganèse-

---

(¹) J. Amiel, J. Brenet et G. Rodier, *Colloque international Polarisation de la matière*, avril 1949, *C. N. R. S.*, 1950, p. 116.

(²) Communication privée, 1950.

(³) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 309.

(⁴) *Journ. Chim. Phys.*, 1-2, 1950, p. 99.

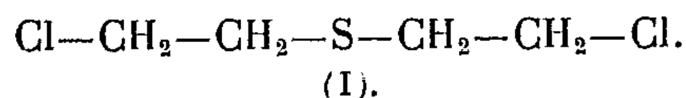
oxygène (5) et du relâchement des liaisons (6) manganèse-oxygène dans le dépolarisant.

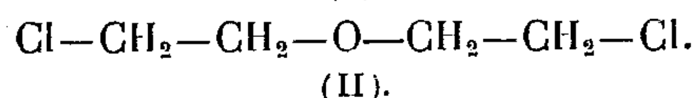
Ces hypothèses concernant l'état des surfaces du dépolarisant nous semblent également compatibles avec l'accroissement du potentiel électrochimique observé sur un bioxyde lorsqu'on lui fait subir un traitement d'activation. C'est ainsi que nous avons pu, par exemple, faire passer le potentiel, rapporté à l'électrode d'hydrogène, de 0,70 à 0,90 V par activation d'une pyrolusite.

RADIOCHIMIE. — *Étude à l'aide du radiobrome des mobilités relatives des atomes de chlore chez l'ypérite et l'oxyde de β.β'-dichlorodiéthyle.* Note (*) de MM. **Buu Hoï, Pierre Jacquignon, G. Morin** et **Roland Muxart**, présentée par M. Louis de Broglie.

A l'aide des réactions d'échange avec le radiobromure de sodium, on a déterminé les mobilités relatives des atomes de chlore chez l'ypérite et chez son analogue oxygéné. Les résultats sont en bon accord avec ceux obtenus par une microméthode colorimétrique.

L'ypérite [sulfure de β.β'-dichlorodiéthyle (I)], bien que structurellement très proche de l'oxyde de β.β'-dichlorodiéthyle (II), se distingue de ce dernier par des propriétés biologiques intéressantes (pouvoir vésicant intense, propriétés inhibitrices de la cancérisation par les hydrocarbures, etc.).


$$Cl-CH_2-CH_2-S-CH_2-CH_2-Cl.$$
(I).


$$Cl-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_2-Cl.$$
(II).

En outre, du point de vue des propriétés physiques, l'ypérite est caractérisée par une dépréciation diamagnétique importante de la susceptibilité moléculaire (1), ce qui a été interprété comme étant l'indice de la présence *d'amorces* de liaisons R. Toutes ces propriétés semblent être en relation avec la labilité des atomes de chlore, mise en évidence par la grande vitesse d'hydrolyse de l'ypérite (2), l'oxyde de β.β'-dichlorodiéthyle paraissant être plus résistant (3) à ce point de vue.

Étant donnée l'importance biologique du problème, il était intéressant de mesurer quantitativement cette différence de labilité par une technique autre que celle de l'hydrolyse, cette dernière étant très sensible à la présence de

(5) J. Brenet, et A. Héraud, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 413.
(6) J. Brenet, *Journ. Chim. Phys.*, 46, nos 11-12, 1949, p. 597.

(*) Séance du 12 avril 1950.
(1) Buu Hoï, Ratsimamanga et Pacault, *Bull. Soc. chim. biol.*, 27, 1945, p. 259.
(2) Hopkins, *J. Pharmacology exp. Therap.*, 12, 1919, p. 394.
(3) Cretcher, Koch et Pittenger, *J. Am. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 1175.

catalyseurs ([4]). Nous décrivons ici une méthode basée sur l'usage des radioéléments artificiels, qui permet de déterminer aisément les mobilités relatives des atomes d'halogène dans les deux molécules (I) et (II).

Le principe de la méthode consiste à comparer la rapidité d'échange des atomes de chlore entre les substances (I) et (II) et le radiobromure de sodium; les réactions d'échange sont effectuées en milieu homogène (eau + acétone) sur des quantités comparables de (I) et (II). Après séparation par distillation sous vide des substances organiques, celles-ci sont minéralisées par la méthode de la microbombe de Parr adaptée au cas des radioéléments par P. Daudel, M. Flon et C. Herczeg ([5]). Les résultats obtenus par cette méthode ont été comparés avec les valeurs fournies par une méthode purement chimique ([6]), permettant de doser le brome en présence de chlore. Le tableau suivant résume les données numériques concordantes ainsi obtenues.

	Méthode des radioindicateurs			Méthode chimique
	Activités provenant de masses égales de substances après des temps égaux d'échange.			Masses de brome décelées sur des masses égales de substances (mg).
	1re Exp.	2e Exp.	3e Exp.	
Cas de l'ypérite...............	20500	20419	4000	45,25
Cas de l'éther dichloré.........	1126	945	225	2,43

En conclusion, il ressort de nos expériences que dans la molécule d'ypérite, les atomes de chlore ont une labilité considérablement plus grande (environ vingt fois dans les conditions et notamment le temps de contact adoptés dans nos expériences) que dans la molécule d'oxyde de β. β'-dichlorodiéthyle. Ce fait est parallèle non seulement aux résultats biologiques, mais aussi aux observations d'ordre physique et chimique ([7]) selon lesquelles l'atome de soufre lié à des groupements CH_2 est capable de faire apparaître des phénomènes d'hyperconjugaison plus intenses que l'oxygène dans les mêmes conditions.

Nous poursuivons ces recherches sur des substances analogues.

([4]) Wilson, Fuller et Schur, *J. Am. Chem. Soc.*, **44**, 1922, p. 2778 et 2877.

([5]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1959.

([6]) Hahn, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 245.

([7]) Hinsberg (*Ber. deutsch. chem. Ges.*, **43**, 1910, p. 903) a montré par exemple que dans la molécule de l'acide thiodiglycolique les méthylènes sont plus réactifs que dans la molécule de l'acide oxygéné correspondant.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude du mécanisme des réactions de la poudre d'un sel soluble sur un oxyde insoluble à basse température.* Note de Mme **Lucienne Lecuir-Chaumeton**, présentée par M. Paul Pascal.

Il est connu que deux sels, dont l'un au moins est soluble (1) (2), sont susceptibles de réagir l'un sur l'autre à température ordinaire, lorsqu'on les met en contact soit à l'état pulvérulent, soit par broyage.

J'ai étudié l'action de l'hydroxyde de cuivre cristallisé de Péligot $Cu(OH)_2$ sur le sulfate de cuivre $SO_4Cu, 5H_2O$. Ce sel perd facilement une partie de son eau de cristallisation dans l'air sec et se transforme au delà de 100° en SO_4Cu, H_2O, cette dernière molécule d'eau étant de l'eau de constitution. J'ai constaté que le départ lent de l'eau de cristallisation du sulfate de cuivre (mélange des poudres maintenu en dessiccateur) ne détermine pas de réaction entre les deux poudres du mélange. Par contre, en portant ce mélange à une température de 102 à 105°, sa coloration passe du bleu au vert, caractéristique des sels de cuivre basiques, à condition que la vapeur d'eau saturante puisse se condenser partiellement. J'ai observé en effet que pour une même quantité de poudre et deux récipients de même diamètre, la formation du sel basique est fonction de la hauteur du tube et progresse de l'axe vers les parois. J'en ai déduit la formation d'une solution sursaturée de sulfate de cuivre réagissant sur l'hydroxyde $Cu(OH)_2$ pour donner naissance au sel basique.

Si l'on substitue à l'hydroxyde l'oxyde CuO résultant de sa calcination, on observe, dans les mêmes conditions, un changement de coloration similaire. La vapeur d'eau, dont la formation est nécessaire à la réaction, provient dans ce cas de la décomposition du sulfate de cuivre et non de la déshydratation de l'hydroxyde.

Les diagrammes X des produits de la réaction montrent que si celle-ci est incomplète, des raies nouvelles se superposent à celles des deux constituants initiaux. En comparant les diagrammes obtenus à ceux publiés par M. O. Binder (3), on constate à partir de l'hydroxyde la formation du sel basique $SO_4Cu, 2Cu(OH)_2, H_2O$. A partir de l'oxyde lui-même, la complexité du diagramme ne permet pas d'identifier de façon certaine le sel basique formé, dont certaines raies paraissent être celles de SO_4Cu, CuO.

Les mêmes réactions se produisent à la température ordinaire, si, comme il est déjà connu (1), les produits n'ont pas été soigneusement séchés au préalable. J'ai observé, de plus, qu'en l'absence d'un constituant hygroscopique, l'humidité adsorbée par les mélanges séchés et abandonnés à l'air est insuffisante pour déclencher immédiatement la réaction sur toute la surface de la poudre.

(1) Mme Mathieu, Mathieu et Païc, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 416.

(2) Taradoire, *Bull. Soc. Chim.*, 1940, p. 721; *Rev. Chim. Indust.*, 1938, p. 130 et 169.

(3) *Annales de Chimie*, [11], 5, 1936, p. 337.

Par contre, un broyage de la même poudre suffit pour amorcer un changement de coloration qui présente au bout de 24 heures la même netteté que celui obtenu par décomposition du sulfate de cuivre hydraté.

Les autres sels de cuivre, comme par exemple le chlorure et le nitrate, donnent avec $Cu(OH)_2$ des réactions analogues conduisant aux sels basiques correspondants. Les sels de manganèse, nickel et cobalt réagissent également à la température ordinaire pour donner des sels basiques mixtes, suivant le même mécanisme, par l'intermédiaire d'une solution sursaturée.

Dans ce mode de formation des sels basiques, je n'ai observé aucune action de la pression sur des comprimés préparés sous 2 t/cm^2; je montrerai dans une Note ultérieure que les réactions se produisant par broyage, font principalement intervenir, non pas une action mécanique due à la pression, mais un phénomène thermique résultant du frottement.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Anomalies magnétiques accompagnant les massifs de pépérites de la Limagne d'Auvergne.* Note de M. **Alexandre Roche**, présentée par M. Charles Maurain.

L'étude de plusieurs massifs pépéritiques montre qu'ils donnent naissance à une anomalie magnétique négative. Ils auraient été mis en place à l'Oligocène dans un champ magnétique de sens opposé au champ terrestre actuel.

Dans une Note récente (1) nous avons exposé les résultats obtenus à la suite de mesures magnétiques effectuées sur le plateau de Gergovie. La zone orientale de Gergovie, formée de pépérites recoupées par des filons de basalte intrusif, est caractérisée par une anomalie négative, le magnétisme rémanent des roches étant dirigé en sens inverse du champ terrestre actuel.

Il nous a paru intéressant de rechercher systématiquement les caractères magnétiques des formations analogues disséminées dans la Limagne d'Auvergne.

Plusieurs études stratigraphiques, en particulier celles de A. Rudel et de R. Michel, ont permis de fixer au Stampien supérieur la mise en place des pépérites de Limagne, les filons de basalte intrusif étant attribués à l'Aquitanien.

Ces formations n'ayant pas été remaniées, nous sommes conduit à penser qu'à la fin de l'Oligocène le refroidissement des matériaux basaltiques s'est effectué dans un champ magnétique dirigé à peu près en sens inverse du champ magnétique terrestre actuel.

Les conditions locales existant près des centres d'émission des pépérites et des basaltes pouvant être assez spéciales, il serait prématuré de vouloir en tirer

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 113-115.

une conclusion quant à l'évolution d'ensemble du champ magnétique terrestre à l'époque tertiaire.

Par ailleurs l'existence d'anomalies négatives associées aux pépérites de Limagne peut être utilisée pour la recherche des cheminées pépéritiques n'affleurant pas en surface. Là où l'on constatera l'existence d'une anomalie magnétique négative locale bien caractérisée, on pourra en inférer l'existence probable d'un massif pépéritique à faible profondeur.

Pour le vérifier nous avons examiné les massifs pépéritiques suivants : Puy de Crouelle, Butte de Malintrat, Butte de Cournon (Ouest), Butte de Monton (Ouest), Puy de Marmant, Grand Turluron de Billom. Les deux dernières formations renferment de nombreux filons de basalte recoupant les pépérites; dans les autres il n'y a pas de basalte apparent.

Tous ces massifs sont caractérisés par des anomalies magnétiques négatives de la composante verticale. Ces anomalies sont de l'ordre d'une centaine de γ lorsqu'il n'y a pas de basalte apparent. Elles s'élèvent à plus de mille γ à l'aplomb des filons de basalte.

Des échantillons de basalte ont été prélevés au Grand Turluron; leur aimantation rémanente présente une inclinaison forte et en sens inverse de celle du champ actuel, et aussi une déclinaison également en sens inverse de celle du champ actuel.

Moyenne des valeurs obtenues :

Inclinaison	Déclinaison
$-73°$	$180°$

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les alcaloïdes du* Datura Stramonium *au cours de son développement.* Note de M. **André Guillon**, présentée par M. Paul Becquerel.

Les alcaloïdes du *Datura Stramonium* n'apparaissent dans le vacuome des jeunes cellules de l'écorce de la radicule qu'au sixième jour de la germination de la graine quand les cotylédons devenus verts commencent à assimiler. On les suit dans toutes les parties vertes de la plante jusqu'à la floraison, puis on les voit diminuer à mesure que l'assimilation chlorophyllienne se ralentit.

La plupart des auteurs se sont bornés jusqu'à présent à rechercher la présence de ces alcaloïdes dans toutes les parties de la plante adulte, mais ils ont négligé l'origine cytologique et la variation de la teneur au cours du développement.

A l'aide d'un réactif histochimique particulier, très sensible, que nous avons composé [1], nous avons suivi à partir des cellules des méristèmes de la plantule,

---

[1] Formule du réactif histo-chimique

Iode bisublimé	1,50 g
Iodure de cæsium	4,50
Eau bi-distillée	100
Chlorure de 3-6 diamino 10 méthylacridinium	0,0001

d'abord dans la graine, puis après la germination, dans toutes les phases de son développement, au cours de leur différenciation, l'apparition du complexe *daturine* dans le *Datura Stramonium*.

Pour nous rendre compte de la variation de la teneur, nous avons utilisé une méthode quantitative microchimique, basée sur l'intensité de la réaction. Partant des jeunes cellules au début de leur croissance, et suivant leur différenciation, nous avons constaté que la daturine s'accumule déjà dans les vacuoles globulaires naissantes, augmente quand ces vacuoles deviennent filamenteuses, se dépose enfin quand elles fusionnent dans le suc cellulaire de la grande vacuole des cellules adultes.

Au cours de l'évolution des diverses parties de la graine, nous n'avons mis la *daturine* en évidence que dans les deux premières assises du tégument, car la plantule n'en renfermait aucune trace.

La *daturine* n'a commencé à faire son apparition dans la radicule, qu'après la germination, seulement au bout de 6 jours, lorsque les cotylédons colorés par la chlorophylle, exposés à la lumière se mettent à assimiler.

Le phénomène de la formation de l'alcaloïde débute à la périphérie de l'écorce, puis continue à gagner successivement les cellules du parenchyme jusque vers l'endoderme.

Au bout d'un mois la formation s'installe dans le parenchyme de la moelle. A ce moment dans la racine adulte, la *daturine* se répartit dans le liège et le phelloderme. En vieillissant, les éléments de la racine perdent leur teneur en alcaloïde et il n'en reste plus que dans le cylindre central. Dans la tige, la *daturine* apparaît dans les premières assises du parenchyme cortical vers le dixième jour de la germination; après 30 jours, elle gagne le tissu libérien et la moelle où elle disparaîtra lorsque le cylindre central aura vieilli.

Nous avons suivi l'évolution dans le système pilifère ainsi que dans les parties foliaires au fur et à mesure de la différenciation de leurs cellules.

Les jeunes poils possèdent de la daturine exclusivement dans les deux ou trois cellules de leur base. Au fur et à mesure de leur vieillissement, le complexe disparaît. Pour la feuille l'alcaloïde se localise à l'origine dans les deux épidermes. Il se concentre ensuite dans les parenchymes lacuneux et palissadiques. Au début de l'hiver dans la feuille vieillie, la daturine ne se maintient plus que dans le parenchyme autour des faisceaux libéro-ligneux.

La répartition du complexe dans les sépales est comparable à celle que l'on rencontre dans les feuilles. La teneur maxima se trouve dans les deux épidermes. Par contre, dans la corolle on n'en trouve plus que des traces lorsque cette dernière est complètement formée; c'est là un fait qui nous a semblé digne d'être signalé, car on sait que la corolle assimile beaucoup moins que le calice et seulement lorsqu'elle est très jeune. La daturine est peu répandue dans l'androcée; elle ne se maintient guère qu'autour des faisceaux libéro-ligneux.

Dans le gynécée, l'alcaloïde est surtout localisé dans les épidermes et les assises corticales très jeunes des carpelles.

Dans les divers organes de reproduction, la quantité de daturine diminue rapidement après la fécondation.

D'autre part, nous avons remarqué le rôle important de la lumière dans la teneur en alcaloïdes des tissus, particulièrement dans les feuilles.

On peut noter, en conclusion, une évolution sensiblement parallèle de l'assimilation chlorophyllienne et de la formation du complexe alcaloïdique dans le suc vacuolaire de la cellule pendant la croissance des méristèmes de la feuille, de la tige et de la fleur. Il y a là une indication importante pour les théories physicochimiques de la production des constituants de la daturine.

MYCOLOGIE. — *Absence de boucles chez les Basidiomycètes de la série des Igniaires et comportement nucléaire dans le mycélium des* Hymenochæte *Lév.* Note de M. **Robert Kuhner**, présentée par M. Joseph Magrou.

Le mycélium de plus de 30 espèces de la série a été étudié; l'absence d'anses d'anastomose est générale; le comportement nucléaire est décrit pour trois espèces du genre *Hymenochæte* : chez *H. tabacina* et *corrugata* les articles renferment des noyaux en nombre indéterminé, alors qu'ils sont régulièrement binucléés chez *H. rubiginosa*.

C'est vraisemblablement avant tout la *spinule*, cystide pointue à paroi épaisse, jaune ou brune, non incrustée, qui a suggéré à Patouillard (Essai taxonomique, 1900) de réunir dans un même ensemble, sa *série des Igniaires*, des types tels que les *Hymenochæte*, à surface hyménifère lisse et divers Polypores. Cependant la spinule peut manquer dans quelques espèces de cette série, mais une coloration jaune ou brune, membranaire comme celle des spinules, se retrouve toujours dans la trame du carpophore; dans certains Polypores même (*Xanthochrous* Pat.) cette pigmentation s'étend à la spore, alors que dans d'autres de la même série, celle-ci reste blanche (*Phellinus* Q.). Le mycélium acquiert généralement une pigmentation analogue au bout de quelques jours ou de quelques semaines de culture; on trouvera de nombreuses précisions sur ce point dans un travail de M. K. Nobles [1] dont l'étude soignée nous permet de conclure que l'absence de boucles, reconnue pour les hyphes du carpophore par Bourdot et Galzin (Hyménomycètes de France, 1927), puis confirmée pour les types porés par G. H. Cunningham [2] s'étend au mycélium. *L'absence de boucles est certainement une caractéristique de la plus haute importance de la série des Igniaires*, car nous n'avons pas trouvé la moindre trace d'anses aux hyphes mycéliennes de toutes les espèces étudiées par nous, qui seront mentionnées dans cette Note et dans une Note ultérieure,

(1) *Canadian Journal of Research*, 26, 1948, p. 281-431.

(2) *New Zealand Journal of Science and Technology*, 28, 1947, p. 238-251.

et dont le nombre dépasse la trentaine. La plupart de nos souches proviennent du Centraalbureau voor Schimmelcultures de Baarn (Hollande).

Au sujet du comportement nucléaire dans les divers articles des hyphes des types de la série, nous n'avons trouvé qu'une indication de Cunningham, qui prétend que dans le carpophore des *P. contiguus* Fr. et *ferruginosus* Schrad., ils sont uninucléés; cette assertion nous surprend d'autant plus que dans la seule espèce où nous ayons entrepris l'étude cytologique du carpophore, *X. radiatus* Sow., nous avons trouvé dans la trame de celui-ci 3 à 7 noyaux par article; elle serait d'ailleurs en opposition avec les résultats de l'étude des mycéliums cultivés sous collodion; nous résumerons ici les résultats obtenus sur les *Hymenochæte*, réservant pour une Note ultérieure ceux qui concernent les Polypores de la même série. Nos recherches ont été effectuées sur du matériel coloré à l'hématoxyline ferrique après fixation au Helly acétique, ou coloré au Giemsa lent après fixation au sublimé acétique, suivie d'une hydrolyse chlorhydrique; lorsqu'on emploie cette dernière méthode il peut être avantageux d'observer les préparations colorées dans l'ammoniaque; les cloisons se détachent parfois en rouge vif; quand elles sont insuffisamment visibles, nous les repérons en contraste de phase après vidage des hyphes par une solution ammoniacale de potasse.

Chez *H. corrugata* Fr. et *tabacina* Sow., les articles mycéliens renferment des noyaux en nombre indéterminé, mais toujours supérieur à 2 et parfois très élevé, particulièrement dans les articles terminaux des axes principaux rayonnant autour de l'inoculum, où nous en avons compté de 20 à 70 environ chez *H. corrugata*, parfois plus de 100 chez *H. tabacina*. Le nombre des noyaux baisse dès l'article subterminal, mais les articles intercalaires des axes rayonnants renferment fréquemment encore 12 à 26 noyaux. Dans les rameaux nés latéralement sur ces axes, le nombre de noyaux diminue aussi; souvent l'article terminal n'en contient guère que 10 à 15, l'article subterminal n'en renfermant que 5 à 8 ou même moins; nous avons même vu chez *H. tabacina* un rameau latéral formé de deux articles à 3 noyaux chacun. Il y a un certain synchronisme dans la division des noyaux d'un même article, mais il est souvent loin d'être absolu; c'est-à-dire que bien souvent il n'affecte que les noyaux d'un tronçon d'article; ceci est particulièrement évident pour l'article terminal des axes rayonnants où nous avons fréquemment observé les télophases de 6-8-12 divisions étagées sur tout le tronçon moyen de l'article alors que les noyaux situés au delà et en deçà de ces télophases étaient au repos ou en prophase. Chez *H. corrugata* nous avons observé un fait analogue à l'occasion de la naissance d'un rameau latéral sur un article intercalaire; une dizaine de télophases aboutissant à la production de 20 noyaux fils se trouvaient à la base du jeune rameau alors que 5 noyaux étaient restés au repos, disséminés le long de l'article d'axe qui a émis le rameau, lequel n'en était pas encore séparé par une cloison. Les divisions nucléaires ont donc lieu de façon assez irrégulière;

il en est de même du cloisonnement, qui n'est pas en rapport étroit avec la multiplication des noyaux, de sorte que l'on aboutit à une répartition quelque peu capricieuse des noyaux dans les articles successifs d'un filament; c'est particulièrement frappant pour les rameaux latéraux; le nombre des noyaux de leur article subterminal est souvent très voisin de la moitié du nombre des noyaux de l'article terminal, mais rarement exactement égal à cette moitié.

H. rubiginosa Dicks. s'écarte beaucoup des deux espèces précédentes par ses articles mycéliens tous régulièrement binucléés; dans l'article terminal les deux noyaux se divisent en même temps, les fuseaux correspondants se plaçant côte à côte, parallèlement.

MYCOLOGIE. — *Un nouveau milieu de choix pour la culture des Dermatophytes.* Note de MM. **Auguste** et **René Sartory**, **Jacques Meyer** et **Walter Schurmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons tout d'abord utilisé le milieu de Landy et Dicken ([1]) en le modifiant, puis la formule de Descouraux ([2]).

On a étudié l'influence de divers facteurs de croissance, bases puriques et acides aminés sur le développement des Dermatophytes.

En substituant ces facteurs les uns aux autres et en faisant varier leur concentration, nous avons pu établir comme éléments favorisant l'amorcement et le développement des cultures ainsi que la constance de l'aspect macroscopique de celles-ci, les vitamines suivantes : acide folique, pantothénate de calcium et nicotylamide. Les acides aminés suivants montrent une action stimulante sur les cultures : leucine, tyrosine, acide glutamique; toutefois les deux premiers n'interviennent pas essentiellement comme facteurs de croissance.

Nous proposons la formule suivante :

	g		g
Phosphate monopotassique..	1	Acide folique...........	0,003
Chlorure de calcium........	0,10	Pantothénate de calcium.	0,012
Sulfate de magnésie.........	0,50	Nicotylamide...........	0,012
Silicate de potasse..........	0,30	Eau distillée............	1000
Glucose....................	40	Gélose.................	20
Acide glutamique...........	6,50		

Ajuster au pH de 6,6 à 6,8.

Pour contrôler l'exactitude de nos observations macroscopiques, nous avons jugé nécessaire d'effectuer des essais quantitatifs de comparaison. On a ainsi préparé des cultures de différents Dermatophytes d'une part sur milieu de *Sabouraud* glucosé liquide et de l'autre sur milieux synthétiques. Nous

---

([1]) *Journ. biol. Chem.*, 146, 1942, p. 109.

([2]) Contribution à l'étude de nouveaux milieux de culture pour les Dermatophytes, *Thèse Doct. Pharm.*, Strasbourg, 1926.

exprimons dans le Tableau qui suit les poids de récolte obtenus en arrêtant, par 1 à 5$^{cm^3}$ de formol, le développement après les périodes de culture indiquées. Le mycélium a été lavé, puis desséché à 65° jusqu'à poids constant. Parmi les nombreux milieux éprouvés, nous donnons les résultats moyens exprimés en grammes calculés sur cinq expériences chaque fois, concernant les substrats suivants :

1. Milieux à base de corps puriques : guanine, xanthine, adénine, uracile;
2. » » + asparagine, tryptophane, leucine ;
3. » » + tyrosine, cystine;
4. » » + tyrosine + vitamines B 1, B 2, biotine;
5. » de tyrosine + vitamines B 1, B 2, biotine.
6. » » vitamines : acide folique, pantothénate de calcium + nicotylamide;
7. » d'acide glutatique + vitamines : acide folique, pantothénate de calcium, nicotylamide;
8. Milieu de Sabouraud glucosé témoin.

TABLEAU I.

(*Trichophyton cratériforme*).

Périodes de culture :	8 jours	14 jours	25 jours	35 jours	65 jours	93 jours
	en fioles de Fourneau.				en boîtes de Roux.	
Milieu 1......	–	–	0,0011	0,0018	0,0085	0,0102
» 2......	–	–	0,0014	0,0025	0,0083	0,0097
» 3......	–	–	0,0047	0,0095	0,0744	0,0975
» 4......	–	–	0,0039	0,0098	0,0638	0,1050
» 5......	–	–	0,0050	0,0108	0,0875	0,1436
» 6......	–	0,0032	0,0148	0,0165	0,1466	0,2798
» 7......	0,0018	0,0102	0,0365	0,0380	0,397	0,889
» 8......	0,0024	0,0060	0,0235	0,0295	0,375	0,684

Nous tenons à citer également nos résultats moyens concernant les cultures d'autres Dermatophytes sur notre milieu synthétique en comparaison avec les résultats obtenus en milieu liquide de Sabouraud, en boîtes de Roux.

TABLEAU II.

Dermatophytes.	Récolte de cultures après trois mois sur milieux : synthétiques.	de Sabouraud.
	g g	g g
Trichophyton inguinale........	0,85-0,90	0,45-0,50
» *mentagrophytes*..	0,64-0,68	0,56-0,62
» *umbilicatum*.....	0,27-0,30	0,11-0,17
Microsporum audouini.........	0,27-0,30	0,25-0,30
» *lanosum*..........	0,39-0,42	0,32-0,35
Achorion quinckeanum........	0,78-0,85	0,62-0,66
Aleurisma strasburgiensis......	0,47-0,52	0,32-0,40

Notre milieu satisfait à toutes les exigences des champignons considérés : amorcement, luxuriance des cultures et constance de leur aspect.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action de l'azote sur l'absorption du manganèse par l'Avoine.* Note de MM. **Yves Coïc**, **Marcel Coppenet** et Mme **Suzanne Voix**, présentée par M. Albert Demolon.

L'apport de fortes quantités d'amendements calcaires sur les sols acides humifères de Bretagne provoque une déficience en manganèse assimilable qui se traduit par des symptômes de carence très nets sur blé et avoine (1). Dans un sol ainsi traité nous avons expérimenté sur avoine, d'une part l'action de SO_4Mn enfoui à la dose de 50kg de SO_4MnH_2O à l'hectare avec les engrais de fond (superphosphate de chaux et chlorure de potassium), d'autre part l'action de l'azote : 200kg de nitrate de chaux à 15,5 % d'azote mis en couverture après l'apparition des symptômes de carence en manganèse.

Tous les plants d'avoine des parcelles n'ayant pas reçu de Mn présentaient des symptômes très prononcés de carence, tandis que quelques plantes seulement des parcelles ayant reçu SO_4Mn manifestaient ces symptômes. Le nitrate de chaux apporté a eu une action favorable, tant sur les parcelles sans manganèse, où les plantes ont repris une allure normale (disparition des symptômes, verdissement et croissance), que sur celles avec Mn.

Le tableau ci-dessous montre l'influence du manganèse et de l'azote sur les rendements, les teneurs en Mn, etc.

	Sans manganèse.		Avec manganèse.	
	Sans azote.	Avec azote.	Sans azote.	Avec azote.
Rendement en grain (q/ha)	7	13,5	15	21
Paille (q/ha)	26	47	44	61
Rapport $\frac{\text{grain}}{\text{paille}}$	0,27	0,29	0,34	0,34
Teneur en Mn de la matière sèche (mg/kg) :				
Grain	14	19,4	15,5	21,3
Paille	6,4	7,7	7,6	9,0
Exportation de Mn (g/ha)	19,6	48,1	42,3	77,5
Coefficient d'utilisation du Mn apporté, pour mille	–	–	1,4	1,8

Sous l'influence de l'apport de sulfate de manganèse, le rendement en grain et en paille a nettement augmenté, ainsi que le rapport grain/paille. De même, les teneurs en Mn de la paille et du grain sont légèrement plus élevées dans les parcelles à SO_4Mn. Toutefois le coefficient d'utilisation par l'avoine est *extrêmement faible*, bien que les besoins en manganèse de la plante ne soient pas satisfaits.

Action de l'engrais azoté. — La *loi du minimum* incitait à penser que l'azote apporté ne pourrait pas avoir d'action favorable sur le rendement par suite de

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1379-1381.

la carence en manganèse; d'autant plus que la teneur en azote de la plante carencée en Mn est nettement plus forte que celle de la plante saine, la cause en étant une impossibilité d'utiliser normalement les éléments nutritifs que la plante malade a à sa disposition. Or il n'en a pas été ainsi; la cause en est l'*augmentation importante de l'absorption du* Mn *sous l'influence de la fumure azotée*, qui se traduit même par une augmentation de la teneur en Mn de la plante. Précisons que l'azote étant apporté sous forme de nitrate de chaux, on ne peut attribuer l'augmentation de l'absorption à une libération de Mn par création d'une réaction acide avant ou au moment de l'absorption.

Cet accroissement d'absorption de Mn se constate tant dans les parcelles carencées que dans celles ayant reçu du SO_4Mn et aboutit à une forte augmentation du rendement en grain et paille et des teneurs en Mn de la paille et surtout du grain.

Sous l'influence de l'engrais azoté, le manganèse du sol est mieux utilisé et il en est de même du manganèse de l'engrais, comme le montrent les coefficients d'utilisation.

Conclusions. — Dans les sols du Finistère carencés en manganèse, Mn du SO_4Mn mis dans le sol passe en grande partie sous forme inassimilable, et il semble qu'il soit alors soumis aux mêmes phénomènes que la partie de Mn du sol susceptible d'être en faible proportion mobilisée pour l'absorption [par exemple sous l'influence du $(NO_3)_2Ca$].

Quant au processus de mobilisation du manganèse dans le sol sous l'influence des engrais azotés, il doit être relié à la vie microbienne générale, et surtout locale (rhizosphère) du sol. Cette hypothèse appuyée sur de nombreux faits [2], permet, notamment, de comprendre la différence de comportement de différentes espèces ou variétés végétales en ce qui concerne l'absorption de Mn de sols où certaines cultures sensibles manifestent une carence en cet élément.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Action de la thyroïdectomie et des injections de thyroxine sur la glande sous-maxillaire de la Souris albinos.* Note de Mlle **Lucie Arvy** et M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Robert Courrier.

La thyroïdectomie détermine, chez la Souris albinos ♂ adulte, une atrophie rapide et marquée du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire. Cette atrophie, qui se produit en l'absence de modifications notables de l'appareil génital et du cortex surrénal, disparaît après administration de thyroxine à des souris thyroïdectomisées. Ces faits mettent en évidence le rôle de la sécrétion thyroïdienne dans le déterminisme de la morphologie des glandes sous-maxillaires chez la Souris.

Le déterminisme thyroïdien de la morphologie des glandes sous-maxillaires chez le Rat albinos est solidement établi grâce à toute une série de recherches.

(2) F. C. Gerretsen, *Ann. Bot.*, 2, 1937, p. 207-230.

Des constatations faites chez la Souris albinos [1] [2] conduisent à admettre que le fonctionnement thyroïdien retentit sur la structure de la glande sous-maxillaire chez cet autre Muridé. Il nous a donc paru important de rechercher si la thyroïdectomie et les injections de thyroxine à des souris thyroïdectomisées modifiaient la structure de la glande sous-maxillaire.

Notre expérimentation a porté sur des souris albinos ♂ adultes, de même souche que celles dont nous nous sommes servis pour l'étude des modifications de la glande sous-maxillaire au cours du rachitisme expérimental. Les thyroïdectomies ont été pratiquées sous anesthésie générale à l'éther, suivant une technique analogue à celle que Webster et Cooke ont préconisée chez le Lapin. L'absence de restes tyroïdiens a été vérifiée dans tous les cas par l'examen histologique du paquet viscéral du cou sur coupes sériées.

Quatre semaines après la thyroïdectomie, le poids des glandes sous-maxillaires est diminué de 30 % environ par rapport aux témoins, alors que le poids corporel des animaux n'a pas subi de variation significative. L'examen histologique démontre que cette diminution de poids se produit en l'absence de toute modification inflammatoire ou cicatricielle de la glande. L'atrophie porte avant tout sur le segment tubuleux. Chez les témoins de notre souche, le rapport *tubuli/acini* est d'environ 0,75; ce chiffre est nettement inférieur à celui que nous a montré l'examen d'animaux de souche sélectionnée. Chez les souris thyroïdectomisées, le rapport *tubuli/acini* tombe à 0,43. Le diamètre moyen des *tubuli*, qui est de 50^{μ} environ chez les ♂ normaux, tombe à 35^{μ}. Le noyau des cellules qui forment le segment tubuleux est voisin du centre, alors qu'il est basal chez les témoins, et les granulatious fuchsinophiles du pôle apical ont subi une réduction importante.

Des injections de thyroxine, à raison de $0^{mg},25$ par animal et par jour, répétées pendant 6 jours, font disparaître l'ensemble des modifications engendrées par la thyroïdectomie. Le poids de la glande devient comparable à celui des témoins et le segment tubuleux occupe, sur les coupes, une place bien plus grande que chez les animaux thyroïdectomisés. Le rapport *tubuli/acini* passe à 0,82 environ, le diamètre moyen des *tubili* atteint 58^{μ} et toutes les cellules sont remplies de grains fuchsinophiles volumineux.

Dans nos conditions expérimentales, la thyroïdectomie et les injections de thyroxine à des animaux thyroïdectomisés ne modifient pas notablement la structure de l'appareil génital et du cortex surrénal.

L'ablation de la glande thyroïde détermine donc une atrophie marquée du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire chez la Souris albinos. Cette atrophie est plus rapide que celle qui se produit après castration. On sait, en

---

(1) L. Arvy et M. Gabe, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1105-1107.

(2) J. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, (Séance du 25 février 1950).

effet ([3]), que *la régression de la glande tubuleuse chez les mâles castrés depuis moins de deux mois est quelquefois faible*. Au point de vue de l'évolution dans le temps, nos résultats se rapprochent de ceux qui ont été obtenus après hypophysectomie, chez la Souris ([4]) et chez le Rat ([5]). Le déterminisme thyroïdien de cette atrophie est démontré par l'efficacité des injections de thyroxine à des souris thyroïdectomisées.

Cette intervention thyroïdienne dans le déterminisme de la morphologie des glandes sous-maxillaires chez la Souris permet d'ailleurs une interprétation des effets de la castration, effets connus depuis Lacassagne ([6]). On sait que la castration détermine une atrophie lente et progressive de la glande thyroïde et que les hormones androgènes, injectées à l'animal castré, activent le fonctionnement thyroïdien. On peut donc admettre que l'atrophie des glandes sous-maxillaires après castration chez la Souris ♂ représente une conséquence de l'hypofonctionnement thyroïdien; la disparition de cette atrophie après administration de thyroxine à des souris castrées ([2]) parle dans le même sens.

D'autre part, ce déterminisme thyroïdien suggère une nouvelle interprétation de la différence sexuelle que présente la morphologie de la glande sous-maxillaire chez la Sourie albinos ([6]), ([7]), ([8]), ([9]). Nous pensons, en effet, que le moindre développement du segment tubuleux chez la Souris ♀ est lié à une efficacité moindre de la sécrétion thyroïdienne, à mettre en rapport avec les hormones ovariennes. On sait, en effet, que l'ovariectomie peut modifier la glande sous-maxillaire de la Souris dans le sens ♂ ([10]).

([3]) J. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 1429.

([4]) A. Lacassagne et A. Chamorro, *C. R. Soc. Biol.*, **134**, 1940, p. 223.

([5]) M. Gabe, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1317.

([6]) *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 180.

([7]) E. Fekete, *Biology of the laboratory mouse*, Philadelphia, 1941.

([8]) J. Chaulin-Servinière, *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, p. 262.

([9]) L. C. Junqueira, A. Fajer, M. Rabinovitch et L. Frankenthal, *J. cell. and comp. Physiology*, **34**, 1949, p. 129.

([10]) J. Chaulin-Servinière, *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, 335.

BIOLOGIE. — *Sur le rôle nourricier ou fertilisant des globules rouges. Notion fonctionnelle de l'hémino-granulopexie, en accord avec l'existence d'une peroxydase distincte de l'hémoglobine dans les Érythrocytes du sang circulant.* Note (*) de MM. **Pierre Brocq** et **Théodore Stephanopoli**, présentée par M. Robert Courrier.

Les globules rouges fournissent aux cellules vivantes des catalyseurs des processus d'oxydo-réduction, dont la forme la plus générale est le complexe ferro-porphyrinique qui constitue l'*hémine*. Les auteurs ont étudié la distribution de ce composé dans les Érythrocytes, en le recherchant sous le caractère de peroxydase et en réalisant une technique qui réduit notablement les altérations globulaires : sa concentration apparaît maxima dans les globules immatures.

Chez l'embryon, la cellule sanguine libre se montre « sous la fonction physiologique d'une cellule vectrice de matériaux nutritifs » ([1]). Les conditions de sa formation, au contact même des réserves de l'œuf et hors de l'embryon, indiquent son rôle fonctionnel. Nous avons recherché dans quelle mesure et sous quelle forme l'Érythrocyte conserve la même fonction nourricière, dans la suite du développement. Nous avons déjà signalé ([2]) l'élévation subite de température au niveau des plaies atones par simple saupoudrage de globules rouges à l'état sec. L'exaltation du métabolisme énergétique nous est apparue en rapport avec une intensification des actes de phagocytose, c'est-à-dire avec des phénomènes de digestion cellulaire qui dissocient, libèrent et diffusent des facteurs de croissance, notamment des catalyseurs d'oxydo-réduction de l'ordre des enzymes et des vitamines, au sein des tissus jusque-là plus ou moins carencés. Les globules rouges fournissent aux tissus vivants, par voie directe, les éléments de l'*hoem* ou *hémine*, qui sont le plus indispensables à l'organisation cellulaire. Toute cellule en voie de développement, qui respire et qui, à l'abri de l'oxygène de l'air, s'avère le siège de réactions productrices d'énergie en relation avec des processus de synthèse, apparaît tributaire de diastases à structure hémique, en particulier des *peroxydases*, dont les Érythrocytes nous paraissent constituer le plus important matériel de réserve. Dans les diverses destructions que les Érythrocytes normaux subissent parmi les tissus enflammés, nous observons le fait suivant : le complexe ferro-porphyrinique que nous décelons sous son caractère biologique de peroxydase se trouve fréquemment isolé ou dissocié du pigment respiratoire, auquel on a coutume de rattacher toute l'activité peroxydasique des globules. La teneur des globules rouges en peroxydase ne se montre point en rapport avec la

(*) Séance du 6 mars 1950.

([1]) J. Jolly, *Traité technique d'Hématologie*, 1, 1923, p. 557.

([2]) P. Brocq et Th. Stéphanopoli, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1790.

concentration du pigment respiratoire. Très généralement, elle apparaît en proportion inverse de cette concentration, et surtout dans les Hématies adultes qui ont subi un certain degré d'hémolyse. Beaucoup de celles-ci émettent des granulations en exagérant une tendance qui est générale hors des vaisseaux et dont l'aspect commun est l'*hématoxédie* ([3]). Les globules se délitent par une émission périphérique de corpuscules plus ou moins dépourvus d'hémoglobine, mais tous porteurs de peroxydase et directement assimilables par les cellules vivantes.

Pour la recherche des peroxydases dans les Érythrocytes de l'Homme et des Mammifères, nous avons, suivant la technique de Marcel Prenant ([4]), examiné les globules à l'état frais, sans étalement sur le porte-objet, ni fixation aucune. Néanmoins, écartant l'acide acétique, qui donne des colorations assez nuancées, du bleu violacé au rouge ou au jaune ocre, mais qui, s'il ménage les Leucocytes, altère trop les Hématies, nous avons opté pour un mélange à parties égales d'une solution aqueuse de benzidine à 1 % et d'une solution de citrate monosodique à 8 %, acide elle-même et anticoagulante. Le sang est reçu par ponction au doigt dans le bouillon nutritif de l'Institut Pasteur. D'une manière générale, la réaction enzymatique est intense à la surface des Érythrocytes de grande taille, plus ou moins finement granuleux, qui semblent des éléments de nouvelle formation et sont le moins chargés d'hémoglobine. Une confusion peut s'établir entre les globules apparemment peu évolués et d'autres globules parvenus à maturité, qui montrent des signes de dégradation ou d'hémolyse; ceux-ci se trouvent le plus souvent groupés à la périphérie du sédiment et répondent par une réaction à peu près pareille à celle des précédents, en prenant une teinte bleuâtre ou bleu violacé, quoique moins foncée.

Une grande richesse en peroxydase traduit un état d'immaturité, ou souvent une vulnérabilité relative qui n'est pas sans rapport avec un certain caractère de jeunesse. Le principe est analogue à celui que P. Portier dégageait de l'étude des *oxydases* dans la série animale; les ferments d'oxydation apparaissent localisés dans les Leucocytes et surgissent après la mort de ces cellules, qui se montrent d'autant plus vulnérables qu'elles se multiplient davantage et sont plus jeunes ([5]). Un processus de désintégration ferro-porphyrinique se laisse saisir semblablement chez les Érythrocytes, hors des vaisseaux, en marge ou à l'écart de l'hémolyse ordinaire. Il s'agit d'un catabolisme important et d'ordre très général, à distinguer de celui de l'hémoglobine qui conduit à la formation de pigments biliaires et qui est habituellement seul envisagé dans l'économie; il se relie manifestement à la fonction métabolique que les cellules sanguines exercent avant leur maturité au départ de l'organisation embryonnaire.

([3]) R. Waitz, *Bull. et Mém. Soc. de Méd. de Paris*, 1937, n° 16, p. 785-796.
([4]) *Arch. de Morph. gén. et ex.* 1924, p. 21.
([5]) P. Portier, *Thèse Sciences*, Paris, 1897.

Chez l'adulte, le catabolisme ainsi défini répond à une affinité très marquée des cellules en voie de reproduction, qui se révèlent aptes à assimiler l'*hémine* par un phénomène assez commun de granulopexie; nous retiendrons ce mode de nutrition cellulaire sous le terme d'*hémino-granulopexie*. Les Érythrocytes constituent positivement, en l'espèce, un *matériel de réserve*, dont l'utilisation est immédiate à toutes les phases du développement, et qui se prête au mieux à la fertilisation des tissus vivants dans les états de congestion physiologique conditionnant les processsus de régénération.

BIOLOGIE. — *Expériences d'ovariotomie chez* Ciona intestinalis *L.* Note de M. **Jean-Marie Pérès**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait que de nombreux travaux récents, expérimentaux ou d'observation, ont conduit à mettre en doute chez certains groupes l'irréductibilité du *soma* en *germen*. Ces exemples de régénération du *germen* à partir de cellules appartenant indiscutablement aux lignées somatiques, et notamment ceux relatifs à la classe des *Ascidicea*, ont été mis en évidence dans une excellente revue de la question, due à P. Brien (1). Les espèces d'Ascidies citées par cet auteur sont d'une diversité systématique suffisante pour que l'on puisse admettre que ce processus est commun à toutes les Ascidies qui présentent des phénomènes de bourgeonnement.

Il existe, chez les Ascidies, en dehors de ces formes pourvues d'un bourgeonnement, des espèces solitaires qui présentent de remarquables aptitudes à la régénération des parties amputées; ainsi *Ciona intestinalis* reforme aisément les siphons, ou une part non négligeable de la branchie, ou encore l'ensemble du complexe neuro-glandulaire (2). Chez cette espèce, hermaphrodite protérandrique, les lobules testiculaires, très nombreux, sont diffus dans le tissu conjonctif entourant l'estomac et l'intestin; leur ablation ou leur destruction ne peut être envisagée par quelque moyen que ce soit. Au contraire, l'ovariotomie est relativement aisée puisque la gonade femelle, située dans l'anse intestinale, est massive et unique.

Il suffit, lors de l'ovariotomie, d'éviter de léser le cœur et surtout il faut assurer la fermeture immédiate de la plaie. Les procédés artificiels de fermeture de celle-ci ne donnent que de piètres résultats. En revanche, en s'adressant, en février-mars, à des *Ciona* de 5-8^{cm} nées à la fin de l'été précédent, on est en présence d'individus dont la tunique, encore mince, est en train de s'épaissir activement. Les couches tunicales les plus récemment formées ont un grand pouvoir adhésif et permettent, grâce à une pression modérée exercée pendant

(1) *Revue Scientifique*, n^{os} **3242-3243**, mars-avril 1945.
(2) J. M. Pérès, *Ann. Inst. Oc.*, **21**, 1943, p. 229-359.

30 secondes environ sur les deux lèvres de l'ouverture tunicale, de clore la plaie. Dans ces conditions, le nombre d'individus survivant à l'ovariotomie s'établit aux environs de 25 % du total des opérés à testicule mûr et à ovaire immature; le pourcentage de survies est très inférieur quand on s'adresse à des individus dont l'ovaire est également parvenu à maturité.

Lorsque l'ovariotomie est totale, c'est-à-dire que l'épithélium germinatif femelle a été intégralement enlevé, il n'y a jamais régénération d'un nouvel ovaire. Au contraire, lorsqu'on laisse adhérer à l'oviducte un fragment de cet épithélium germinatif, ce fragment, si petit soit-il (ne renfermant par exemple que quelques dizaines de noyaux), suffira à assurer la reconstitution d'un ovaire qui, au bout de 15 jours, à une température moyenne de 18°, atteint environ le volume d'une petite tête d'épingle.

L'absence de régénération ovarienne lorsque l'ovariotomie a été totale est assez frappante. Certes l'incapacité du mésenchyne à reconstituer un ovaire nouveau n'a-t-elle rien d'extraordinaire malgré les potentialités relativement élevées de ce tissu chez *Ciona*. En revanche, il est plus surprenant, au premier abord, que l'oviducte laissé en place s'avère incapable, même au bout de 35 jours d'expérience, de régénérer l'ovaire enlevé. En effet on admet que, au cours du développement, l'oviducte est bourgeonné par le massif de cellules mésoblastiques, détaché de l'ovotestis, et destiné à former l'ovaire.

Sur la base de cette notion classique, il est assez étonnant de voir les cellules de l'épithélium de l'oviducte, sœurs de celles de l'épithélium ovarien, s'engager de façon irrévocable dans une direction somatique. Si, en revanche, on renonce à cette interprétation classique de l'origine de l'oviducte et si l'on admet, avec Huus ([3]) qui l'a observé chez *Corella*, que l'oviducte est issu du cordon viscéral (dérivé du tube neural embryonnaire ectoblastique) venu au contact de l'ovotestis mésoblastique, l'absence de caractère germinatif des cellules de l'épithélium de l'oviducte apparaît beaucoup plus normale. L'opinion de Huus, déjà corroborée par Brien ([4]) ([5]) sur la blastogenèse de diverses espèces, mériterait à coup sûr d'être réexaminée dans l'ontogenèse des Ascidies en général, pour qu'en soit établi le bien-fondé.

Quoi qu'il en soit, nous devons constater chez la *Ciona*, l'impossibilité d'obtenir, chez l'adulte, la régénération de l'ovaire à partir des tissus somatiques.

Une prochaine Note exposera les bouleversements apportés à la gonade mâle par l'ovariotomie partielle ou totale.

([3]) *Videnskaps. Skrifter*, I Klasse, 1923, p. 1-50.

([4]) *Arch. Biol.*, 37, 1927, p. 1-45.

([5]) *Ann. Soc. Roy. Zool. Belg.*, 70, 1939, p. 101-151.

BIOLOGIE. — *Métabolisme différent de deux hémoglobines chez un même animal adulte étudié à l'aide du fer radioactif.* Note de MM. **Georges Schapira, Jean-Claude Dreyfus** et **Jacques Kruh**, transmise par M. Léon Binet.

Il existe chez un même animal adulte plusieurs hémoglobines ([1]), ([2]), ([3]), ([4]), ([5]). La possibilité de leur incorporer *in vivo* du fer radioactif nous a incités à étudier leur synthèse biologique.

Technique. — L'hémoglobine (Hb) est rendue radioactive par administration intrapéritonéale de fer 59 en provenance de la pile d'Oak Ridge. Elle est préparée selon la technique de Roche et coll. ([3]). Elle est fractionnée par action d'une solution tampon alcaline qui dénature une partie de l'hémoglobine ([6]). Après minéralisation sulfo-perchlorique, on dose le fer total, la radioactivité, et l'on établit l'activité spécifique (A. S.) de chaque fraction et de l'hémoglobine initiale.

Tableau I.

Hb initial (A. S.).	Hb dénaturée (A. S.). Valeur absolue.	Valeur relative.	Hb non dénaturée (A. S.). Valeur absolue.	Valeur relative.	Différence entre les A. S. des deux fractions.	Hb dénaturée.	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
9 300	8 935	96 %	9 738	104,5 %	8,5 %	9 %	4
4 020	3 870	96	4 300	107	11	10	6
4 020	3 880	96,5	4 220	105	8,5	11	4
1 400	1 200	89	1 440	103	17	22	1
4 200	3 900	93	4 300	102	9,5	25	0
10 200	9 250	91	10 250	100	9	38	3

Tableau II.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
8 400	8 000	95	9 130	110	14,5	7	6
15 900	13 230	83	16 080	101	18	8,5	0
14 900	12 100	81	16 070	107	26	10	5
14 000	11 100	80	15 000	107	27	10	5
8 470	7 540	88	8 750	104	15	11	2
8 130	7 300	89	8 340	102	13	12	1

(*) Séance du 24 avril 1950.

([1]) R. Brinkmann, A. Wildschut et A. Wittermans, *J. Physiol.*, 80, 1934, p. 337.
([2]) A. M. Altschul, A. E. Sidwell et T. R. Hogness, *J. Biol. Chem.*, 127, 1939, p. 123.
([3]) J. Roche, Y. Derrien et M. Moutte, *Bull. Soc. Chim. Biol.* (Tr. membres), 23, 1941, p. 1115.
([4]) L. Reiner, D. M. Moore, E. M. Lang et M. Green, *J. Biol. Chem.*, 146, 1942, p. 583.
([5]) A. Dognon et L. Gougerot, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1490.
([6]) H. Ramsey, *J. Cell. Compar. Physiol.*, 18, 1941, p. 369.

Résultats. — Le tableau I relate les résultats concernant les lapins normaux dont moins de 40 % de l'hémoglobine a été dénaturée; le tableau II ceux de lapins anémiques (par soustraction de sang) dont moins de 15 % de l'hémoglodine a été dénaturée. La dernière colonne des tableaux exprime la différence entre la somme des produits des A. S. des deux fractions par leurs taux respectifs et de l'A. S. de l'Hb initiale. Celle-ci serait nulle, s'il n'y avait pas d'erreur expérimentale.

Discussion. — Ces tableaux montrent que chez un lapin normal l'A. S. de la fraction dénaturée est inférieure de 8,5 à 17 % à celle de la fraction non dénaturée, et chez le lapin anémique, cette différence est de 13 à 27 %. Ces différences d'A. S. des fractions d'hémoglobines sont statistiquement significatives. Un traitement identique des fractions d'hémoglobine permet d'éviter les erreurs systématiques. Les impuretés éventuelles de fer dans les réactifs ne modifient pas l'A. S. des fractions (du fer radioactif ajouté à chacun des réactifs ne se retrouve pas sur l'hémoglobine non radioactive traitée selon la technique indiquée).

La pureté de l'hémoglobine soumise à l'expérience doit être définie. Keston et coll. (7) ont souligné la valeur, comme critère de pureté des composés marqués, de la poursuite de la purification jusqu'à ce qu'une composition isotopique constante soit atteinte. Pour nous conformer à cette règle, nous avons redissous et reprécipité l'hémoglobine quatre fois et avons constaté la persistance d'une activité spécifique inchangée. Nous avons de plus dosé la catalase, seule ferroprotéine dont l'existence en quantité notable soit connue dans les globules rouges. L'hémoglobine purifiée possède une activité catalasique nulle. Sous réserve d'un composé inconnu contenant du fer, présent dans la solution d'hémoglobine après des purifications répétées, la diflérenee d'activité spécifique entre les deux fractions témoigne de la différence de leur vitesse de renouvellement. L'hémoglobine alcalino-résistante se renouvelle plus vite que l'autre. Cette différence de vitesse de renouvellement est accentuée lors de la régénération sanguine chez un lapin anémique. Étant donné l'absence d'échange de fer de l'hémoglobine avec le fer plasmatique (8), (9), l'absence de synthèse extraglobulaire de l'hémoglobine et l'existence d'un *pool* métabolique du fer (10), on est conduit à admettre, soit l'existence d'au moins deux pools métaboliques distincts, donc deux lieux de formation différents, soit une vitesse différente de synthèse au niveau des organes hématopoiétiques avec formation de globules rouges de durée de vie différente.

---

(7) A. S. KESTON, S. UNDENFRIEND et R. CANNON, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 249.

(8) P. F. HAHN, W. F. BALE, J. F. ROSS, R. A. HETTIG et R. A. WHIPPLE, *Science*, 92, 1940, p. 131.

(9) G. SCHAPIRA, J. C. DREYFUS et J. KRUH, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1824.

(10) D. GREENBERG et G. WINTROBE, *J. Biol. Chem.*, 165, 1946, p. 397.

En résumé : La dénaturation ménagée de l'hémoglobine de lapin rendue radioactive permet de séparer deux fractions d'activité spécifique différente. Il en résulte que, chez un même animal adulte, deux hémoglobines, au moins, renouvellent leur fer à des vitesses différentes et qu'il existe probablement deux types, au moins, de globules rouges individualisés par leur hémoglobine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la structure chimique des acides mycoliques isolés de* Mycobacterium tuberculosis *var.* hominis; *détermination de la position de l'hydroxyle* (1). Note de M. **Jean Asselineau**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Les acides mycoliques α et β d'une souche virulente humaine de *Mycobacterium tuberculosis* [formule probable $C_{86}H_{171}(OH)(OCH_3)(COOH)$] portent leur hydroxyle en position β du carboxyle.

Anderson (2) a isolé des cires du bacille tuberculeux humain un acide aliphatique hydroxylé de formule probable $C_{88}H_{176}O_4$ (I). Cet *acide mycolique* donne de l'acide *n*-hexacosanoïque par pyrolyse (2) et un mélange d'acides gras (contenant les acides stéarique, hexacosanoïque et *n*-hexadécane, 1.16-dicarboxylique) par oxydation chromique (3).

Nous avons montré (4) que l'acide mycolique de souches humaines virulentes est un mélange de deux acides, apparemment isomères (90 % de α + 10 % de β) que nous avons séparés par chromatographie sur alumine.

Acides anhydro-mycoliques. — Les acides α et β mycoliques de bacilles humains virulents, souche Test, sont bouillis 3 heures avec 100 parties d'anhydride acétique contenant 10 parties de SO_4HK fondu. Le produit de la réaction, un mélange d'acétate mycolique et d'*acide anhydro-mycolique* (5) est saponifié et chromatographié sur alumine Prolabo (activité II-III); l'acide anhydro-mycolique (II) est élué par l'éther, l'acide mycolique, libéré de l'acétate, est élué par l'éther additionné de 0,1 % d'acide acétique.

Les acides α et β mycoliques fournissent des acides anhydro-mycoliques (II)

(1) Septième Communication sur les constituants du bacille tuberculeux; pour la sixième Communication *voir* J. Asselineau, H. Demarteau et E. Lederer, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 877.

(2) F. H. Stodola, A. Lesuk et R. J. Anderson, *J. Biol. Chem.*, 126, 1938, p. 506.

(3) A. Lesuk et R. J. Anderson, *J. Biol. Chem.*, 136, 1940, p. 603.

(4) J. Asselineau et E. Lederer, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1892.

(5) J. Asselineau et E. Lederer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 492. Le point de fusion indiqué dans ce mémoire, ainsi que dans (4) concerne des acides anhydro-mycoliques incomplètement purifiés.

apparemment identiques; solides blancs, amorphes, F 36-38° ([6]) facilement solubles dans l'éther, insolubles dans l'alcool.

		C (%).	H (%).	OCH_3 (%).	PM ([7]).
Acide anhydro-α-mycolique.....	trouvé :	82,58	13,55	2,56	1270
» anhydro-β-mycolique.....	» :	82,89	13,59	–	1275
$C_{88}H_{174}O_3$ (II)...............	calculé :	82,55	13,69	2,42	1280

Ces acides anhydro-mycoliques présentent une forte absorption ultraviolette ($\log\varepsilon = 4,13$ à $220^{m\mu}$), caractéristique de la conjugaison d'une double liaison avec un carboxyle. Aucune absorption semblable n'existe dans le spectre ultraviolet de l'acide mycolique ou de son acétate. Les acides anhydro-mycoliques renferment donc *une double liaison située en α, β du carboxyle* (II). Une migration de la double liaison au cours de la saponification, effectuée pour éliminer l'acétate, est exclue, car le mélange présente déjà, avant saponification, une absorption correspondante.

Position de l'hydroxyle des acides mycoliques. — L'existence de la double liaison en α, β chez les acides anhydro-mycoliques implique, pour la position de l'hydroxyle dans l'acide mycolique initial, deux possibilités : en α ou en β. Les faits suivants *prouvent la position de l'*—OH *en* β.

1° La facilité de déshydratation des acides mycoliques (les acides α-hydroxylés ne se déshydratant que difficilement).

2° Les alcools mycoliques ([5]) ne se déshydratent pas, mais s'acétylent, sous les conditions décrites ci-dessus et *ne sont pas oxydés par l'acide periodique* (ce ne sont donc pas des α-glycols).

3° Le tétracétate de plomb ne décarboxyle pas l'acide mycolique [comme il le ferait avec un acide α-hydroxylé ([8])].

4° L'oxydation chromique de l'acide α-mycolique est accompagnée de décarboxylation ([9]) : 280^{mg} d'acide mycolique dissous dans 15^{cm^3} de benzène sont additionnés de 40^{mg} de CrO_3 dissous dans 15^{cm^3} d'acide acétique. Après 48 heures à 37°, le produit d'oxydation est chromatographié sur alumine; élué par CCl_4 il se présente sous forme d'un solide incolore F 64-67°, neutre, insaponifiable et non acétylable par le chlorure d'acétyle dans la pyridine.

([6]) Tous les points de fusion de cette Note sont corrigés (pris sous le microscope, avec l'appareil de Kofler).

([7]) PM = poids moléculaire déterminé par titrage; les microanalyses ont été effectuées par le Dr H. Manser à l'École Polytechnique de Zurich, dans le laboratoire du Professeur L. Ruzicka.

([8]) Voir par exemple, A. H. Cook, S. F. Cox et T. H. Farmer, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 1022.

([9]) Faute de matière première, l'oxydation chromique n'a pu encore être répétée avec l'acide β-mycolique.

L'analyse et le spectre d'absorption (bande à 280$^{m\mu}$, $\log \varepsilon = 1,6$) indiquent la présence d'une cétone formée par oxydation de —OH et décarboxylation consécutive de l'acide β-cétonique formé (III).

		C.	H.
Cétone F 64-67°	trouvé :	83,65 %	14,01 %
$C_{87}H_{174}O_2$ (III)	calculé :	83,44	14,01

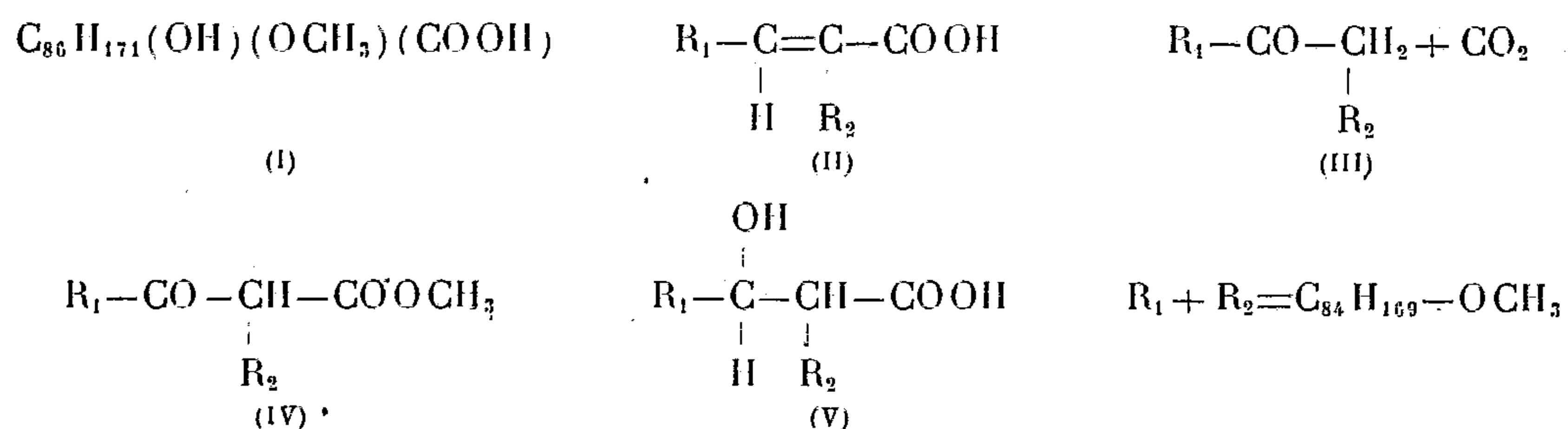
5° Une oxydation chromique effectuée sur l'α-mycolate de méthyle ([4]) fournit un céto-ester (IV), solide incolore, F 40-42°, dépourvu d'hydroxyle acétylable ([9]).

		C.	H.
Déhydromycolate de méthyle	trouvé :	81,58 %	13,54 %
$C_{89}H_{176}O_4$ (IV)	calculé :	81,37	13,53

Par saponification, ce corps se décarboxyle et donne la cétone (III).

Ces résultats prouvent que la fonction alcool des acides mycoliques est en β par rapport au carboxyle. Les acides mycoliques ont donc la formule partielle (V); la prochaine Communication indiquera la structure de la chaîne latérale en $\alpha(R_2)$.

En conclusion, nous avons montré que les acides α et β mycoliques de *Mycobacterium tuberculosis* var. *hominis sont des acides β-hydroxylés.*



PHARMACODYNAMIE CELLULAIRE. — *Le problème de la spécificité chimique dans les différences génétiques de sensibilité gustative.* Note de MM. **Pierre Gavaudan** et **Marcel-Paul Schützenberger**, transmise par M. Robert Courrier.

On discute d'une erreur de méthode constatée dans l'étude du problème de la spécificité chimique en relation avec les différences génétiques de sensibilité gustative. La nécessité de l'expression des seuils sensoriels en activités thermodynamiques est démontrée par des exemples.

On sait, surtout depuis les recherches systématiques de Fox, Snyder, Blakeslee et Salmon ([1]), qu'il existe chez certains individus un affaiblissement

([1]) *Voir* H. Harris et H. Kalmus, *Ann. of Eugenics*, 15, part. I, 1949, p. 32-45.

caractéristique de la sensibilité gustative à des substances telles que la phénylthiourée. Ce fait a été l'objet d'assez nombreux travaux statistiques et génétiques. La classification en individus relativement sensibles (S) et non sensibles (NS) (*tasters* et *non-tasters* des auteurs anglo-américains) correspond à une distribution bimodale des seuils sensoriels aux substances sapides.

Les chercheurs ont tenté de déterminer s'il existait une relation entre l'insensibilité relative à la phénylthiourée et à d'autres substances de constitutions analogues ou différentes et se sont livrés rapidement à des considérations sur le rôle des modifications structurales.

Sans discuter ici les résultats et les problèmes statistiques ou génétiques, nous nous bornerons à des remarques d'ordre méthodologique susceptibles d'amener une révision de quelques conclusions et en particulier de certaines de celles récemment tirées par Harris et Kalmus ([1]).

Jusqu'à présent les auteurs ont toujours exprimé les seuils en concentrations, de façon incorrecte, en faisant abstraction des données énergétiques fondamentales que l'on doit connaître lorsque l'on cherche les relations entre l'intensité ou le mécanisme d'un phénomène toxique et la structure moléculaire.

Nous avons montré avec Poussel et Schützenberger ([2]) que l'on devait introduire la notion d'activité thermodynamique dans l'étude de la gustation comme dans celle de tout problème pharmacodynamique. Pour la sensation amère il paraît exister au moins deux classes d'excitants ou de mécanismes d'excitation : les substances *indifférentes* du type des narcotiques indifférents d'Overton agissent *physiquement* à des valeurs d'activité comprises entre environ 0,01 et l'unité; les substances du type *chimique* ou *spécifique* agissent à des valeurs de l'ordre des millièmes ou inférieures. On ignore si cette distinction correspond à des mécanismes différents pour un même type de récepteur ou à des récepteurs différents.

En l'absence de données complètes sur les hydrosolubilités ([3]) nous ne pouvons transformer en activités thermodynamiques qu'une partie des résultats de Harris et Kalmus, mais les exemples cités suffisent à notre démonstration.

L'urée, sans phénomène bimodal, possède un seuil unique de 0,007. La thiourée possède deux seuils, de 0,002 (S) et 0,04 (NS) et de même la phénylthiourée avec 0,001 (S) et 0,17 (NS). Le seuil de l'urée est intermédiaire entre les seuils des substances spécifiques et indifférentes, mais toutefois plus voisin de celui de ces dernières. La thirourée et la phénylthiourée ont nettement deux seuils correspondant pour les non sensibles (NS) à un phénomène de type physique et pour les sensibles (S) à un phénomène de type spécifique. Il est évident qu'une même substance peut agir selon les deux

([2]) P. GAVAUDAN, H. POUSSEL et M. P. SCHUTZENBERGER, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1525-1527; **226**, 1948, p. 751-752.

([3]) HODGMAN, *Handbuch of Chem. and Phys.*, 30e édit., 1948.

mécanismes. Bien que ne pouvant calculer les activités pour toutes les substances étudiées par Harris et Kalmus, on peut penser, d'après la valeur des rapports NS/S exprimés en concentrations, que les mêmes remarques s'appliqueraient à l'acétylthiourée et à la thioglyoxaline (NS/N = 77 et 55). Enfin Harris et Kalmus ont conclu que l'introduction d'un groupe phényl dans la thiourée abaisse fortement le seuil à la fois pour les S et NS. Mais en réalité l'addition d'un phényl à la thiourée modifie à peine le seuil pour les S (de 0,002 à 0,001 et le relève pour les NS (de 0,04 à 0,17).

Ces faits pourraient s'expliquer ainsi :

1° la phénylthiourée agit aussi comme toxique spécifique;

2° quand la toxicité physique est en jeu il est de règle que les substances les moins solubles agissent à l'activité la plus élevée, et c'est ce qui explique la montée de l'activité du seuil par addition d'un phényl donnant un composé moins soluble, conclusion opposée à celle de Harris et Kalmus.

Ces seuls exemples suffisent à montrer l'erreur de méthode dont sont actuellement entachées les recherches des généticiens et psycho-physiologistes préoccupés des relations entre la valeur des seuils sensoriels gustatifs et la constitution moléculaire.

A 16h20m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h40m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 13 mars 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Kyrille Popoff*, Sur une propriété des extrémales et le théorème de Jacobi :

Page 1032, 12e ligne en remontant, *au lieu de* différente de zéro, *lire* bornée.

(*Comptes rendus* du 27 mars 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Paul Fleury* et Mme *Léa Le Dizet-Joly*, Sur la constitution du glycérophosphatogène :

Page 1322, 2e ligne, *après les mots* avant hydrolyse, *ajouter* ce nombre sera compris entre 0 et 1 et que, par hydrolyse, ...

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MAI 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Gustavo Colonnetti**, Correspondant de l'Académie, Directeur des Relations culturelles italiennes, et **D. Gabor**, Professeur à l'*Imperial College of science and technology* de Londres, qui assistent à la séance.

GÉOLOGIE. — *Sur le bassin Néogène du Sud de la Sierra Nevada.* Note de MM. **Paul Fallot**, **Luis Solé** et **Guilermo Colom.**

La Sierra Nevada est séparée de la Méditerranée par une série de sommets culminant autour de 2000^m et formant sous des noms locaux divers un ensemble appelé Sierra Contraviesa.

Le massif de la Sierra Nevada consiste en un vaste anticlinal de schistes métamorphiques axé Est-Ouest. La Sierra Contraviesa appartient aux Alpujarrides, formées de Trias dit « alpin » et dont les dislocations majeures, étudiées par H. A. Brouwer et ses élèves, datent, sans doute, du début du cycle orogénique alpin.

La zone déprimée qui sépare la Sierra Nevada de la Sierra Contraviesa est connue depuis très longtemps pour être occupée par des dépôts tertiaires, relativement récents, mais dont l'âge n'a jamais été établi. Les auteurs hollandais (Westerweld, van Bemmelen) qui ont fait de remarquables études sur la tectonique de la zone bétique, ont systématiquement négligé les formations post-orogéniques. Par ailleurs, J. Maurice (1), qui s'est préoccupé de ces dépôts vers 1925, a noté, sans références géographiques ni paléontologiques, l'existence de couches marines qu'il rapporte au Burdigalien, puis de Vindobonien moyen détritique.

---

(1) *Comptes rendus XIVe Congrès Géologique International de* 1926, p. 591, Madrid, 1927.

Deux d'entre nous (L. S. et P. F.) ont eu l'occasion de traverser ce bassin tertiaire à hauteur d'Ugijar. Au Nord, le Néogène débute contre des phyllites et des lambeaux de dolomie triasique par des grès graveleux à rares nids de grosses huîtres suivis avec une grande irrégularité par des passées plus détritiques, et quelques lits marneux.

A l'Ouest de la route qui, 4^{km} au Sud, atteint Ugijar, un de ces niveaux marneux mesure une vingtaine de mètres. Au-dessus viennent des bancs détritiques non divisibles, pendant, avec l'ensemble, d'environ 45° au Sud.

Au Sud du bassin, la route de Cherin à Alcolea fournit, au B^{co} Hiñizar, la coupe du bord méridional du synclinal. Contre des dolomies et phyllites très triturées et qui se compénètrent, la série néogène débute par des marno-calcaires sableux avec peu d'éléments détritiques suivis de marnes sableuses à passées molassiques totalisant environ 40^{m} et pendant, selon les points, de 45° à 60° au Nord. Immédiatement au-dessus, et, en concordance, vient la série grossièrement détritique qui occupe l'axe du bassin.

Les horizons marneux ne nous ont fourni aucun macro-fossile déterminable. En revanche, les marnes du Nord de l'Ugijar contiennent une microfaune abondante (G. C.) : *Rotalia Beccarii globula* Col., *Cibicides Haidingeri* d'Orb., *Cibicides præcincta* Karr, *Robulus vortex* F. M., *R. calcar* L. *R. vitrea* Seg., *R. politus* Schwag., *Dentalina contracta* Costa, *D. ensis* Eichw., *D. filicosta* Terq., *Nonion elongatum* d'Orb., *Bulimina pupoides* d'Orb., *Virgulina schrebersiana* Cjk., *Uvigerina bononiensis* Forn., *Textularia concava jugosa* Silv., *T. sagittula calcaritana* Forn., *Pseudoglandulina acuminata* Costa, *Ps. gracilis* Reuss, *Nodosaria radicula* L., *N. Schwartzi* Karr.

Cette association, par comparaison avec celles d'autres dépôts espagnols datés, indique un Miocène élevé, sans doute du Tortonien. Le faciès correspond à des dépôts de mer peu profonde, ou littorale, où s'accumulaient momentanément des boues fines.

Les couches du Sud de Cherin n'ont fourni que des débris d'Echinides et quelques Coccolithes. Ce n'est que par analogie de position et d'aspect que nous en faisons l'équivalent approximatif des marnes du Nord d'Ugijar. A l'Ouest de la transversale étudiée, la route de Lanjaron sinue dans de profonds ravins entaillés dans les conglomérats. Ceux-ci dessinent aussi le prolongement du synclinal dont les bords sont très redressés, mais nous n'y avons plus trouvé de niveaux marins.

Le synclinal d'Ugijar mesure de 4 à 5^{km} de large sur la transversale de ce bourg. A l'Ouest, il se rétrécit et se bifurque. A hauteur de Yator il n'a que 1500^{m} de large. A l'Est, il s'effile aussi, réduit à 800^{m} au Nord d'Alcolea et vers Laujar.

Nos observations demandent à être complétées, mais elles fournissent déjà matière à des conclusions importantes :

1° Le sillon d'Ugijar-Laujar a été occupé, au Tortonien, par un bras de

mer, où la sédimentation fut temporairement de caractère vaseux mais de peu de profondeur.

2° Le bassin a reçu, dès le début, d'importants apports détritiques descendus, tant de la Sierra Nevada que de la Sierra Contraviesa, et qui le comblèrent par une accumulation très puissante de galets, voire de cailloux à peine roulés. Ce remblaiement a débuté et s'est poursuivi au Tortonien. Nous n'y avons pas observé la discordance mentionnée par J. Maurice.

Nous n'avons pas davantage trouvé, dans les conglomérats, d'indice de discordance propre à marquer une limite, de sorte que rien ne permet de dire si le complexe détritique représente uniquement le Tortonien terminal ou s'il comporte du Pliocène. Toutefois, il semble que sur la coupe étudiée, aucun argument ne permette d'attribuer le haut de la série au Pliocène.

3° Si la phase tectonique majeure de l'édifice bétique se place tôt dans le tertiaire, le serrage du synclinal d'Ugijar témoigne d'une phase tardive qui a revêtu une notable intensité et qui eut lieu après le Tortonien.

On sait que dans les Sierras de las Estancias et Tercia, à l'Est, comme plus à l'Ouest dans la Sierra Nevada, des plissements à grand rayon de courbure se sont produits après le Pontien, c'est-à-dire après le Tortonien. L'un de nous a émis l'hypothèse que l'individualisation du chaînon de la Sierra Contraviesa relevait de la même phase orogénique postérieure au Miocène terminal ([2]).

L'âge assigné aux dépôts du synclinal d'Ugijar confirme ces vues, mais oblige à les nuancer. Les plis anticlinaux de la Sierra de las Estancias, de la Sierra Nevada et des Sierras Alhamilla-Contraviesa sont très larges. Ils ont revêtu les proportions qu'Argand attribue aux plis de fond.

Nous n'avons aucune donnée sur l'allure d'ensemble de l'anticlinal de fond de la Sierra Contraviesa, mais l'étroitesse relative du synclinal d'Ugijar et le fort redressement de ses flancs indique que les poussées de l'extrême fin du Néogène ont revêtu, ici, assez d'intensité pour que le sillon séparant les deux larges voûtes soit particulièrement accusé.

La date et l'intensité de ces déformations tardives sont des traits importants de l'orogénie des Cordillères Bétiques. Vu l'ampleur du plissement, l'on est en droit de penser que d'autres exemples de ces phénomènes récents pourront être mis en évidence, non seulement dans le Midi de la Péninsule Ibérique, mais dans d'autres parties du pourtour de la Méditerranée Occidentale.

([2]) P. FALLOT, *Les Cordillères Bétiques* (*Estudios Géologicos,* Instituto Lucas Mallada, n° 8, Madrid-Barcelone, 1948, p. 70).

IMMUNOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur les variations d'effets réciproques des toxines et de leurs antitoxines et sur les conditions qui commandent ces variations.* Note de M. **Hyacinthe Vincent.**

Il existe un certain nombre de bactéries pathogènes qui présentent cette particularité essentielle et importante d'agir sur l'organisme humain ou animal, non directement, mais par l'intermédiaire des toxines spécifiques qu'elles sécrètent. Ces toxines donnent lieu aux symptômes et aux lésions de la maladie correspondante.

Aux bacilles tétaniques et diphtériques qui possèdent cette propriété classique, il convient de joindre, ainsi que je l'ai démontré, le bacille typhique et les paratyphiques, ainsi que le *B. coli* et le bacille de Shiga. J'ai également fait connaître que certains saprophytes entièrement inoffensifs (*Bacillus mesentericus, Bacillus megaterium*) peuvent être transformés expérimentalement en agents très pathogènes, tuant les animaux en quelques heures et agissant ainsi par l'intermédiaire des toxines spécifiques nouvelles et très actives qu'ils sécrètent, à la suite de leur évolution. Les expériences qui suivent s'appliquent également à ces dernières toxines.

Inoculées aux cobayes, les deux toxines typhoïdiques que j'ai fait connaître donnent lieu, l'une aux symptômes nerveux classiques de la maladie humaine (stupeur complète due à la *neurotoxine*), l'autre aux symptômes intestinaux et viscéraux et aux lésions des plaques de Peyer que détermine la fièvre typhoïde chez l'Homme (et qui sont dus à l'*entérotoxine*, indépendante de la précédente).

Introduites à doses prudentes et progressives chez l'animal en expérience, les diverses toxines microbiennes provoquent, de même qu'en pathologie humaine, la sécrétion défensive d'antitoxines agissant aussi bien *in vitro* qu'*in vivo* et conférant une immunité spécifique.

Or, on a admis autrefois que les antitoxines injectées aux malades agissaient directement sur les leucocytes et, par l'intermédiaire de ces derniers, sur les toxines pour les neutraliser. J'ai démontré depuis longtemps que cette interprétation doit être écartée. La protection assurée par les antitoxines s'exerce directement sur les toxines par leur union réciproque et progressive. Soit une toxine tétanique T d'un titre pathogène préalablement établi. On l'additionne d'une dose strictement neutralisante d'antitoxine A. Ce complexe TA est stable. Après un certain délai, il ne peut être dissocié ni par la dialyse ni par l'addition précipitante de $CaCl^2$. Or, ce dernier mis en rapport avec la solution de toxine, donne lieu à un précipité qui entraîne avec lui cette toxine.

La neutralisation de la toxine par l'antitoxine n'est pas immédiate. Après 30 minutes de l'association TA, le précipité isolé par la centrifugation du

complexe traité par le chlorure de calcium, est encore tétanigène. Après une à deux heures, deux cobayes sur neuf, auxquels on a injecté le précipité, ont offert un tétanos léger, limité au membre voisin du siège de l'injection, et d'une durée d'environ 30 heures. Enfin, après 14 à 24 heures, le précipité n'est plus tétanigène. Le liquide clair surnageant ne présente pas, il va sans dire, d'action pathogène. L'union de T et de A n'est donc pas immédiate, mais lorsqu'elle est réalisée, elle est devenue stable.

La même expérience, faite avec la toxine du bacille diphtérique et avec celle du *B. megaterium*, a donné un résultat semblable.

Fait important, ces dernières expériences faites sur un animal malade, tuberculeux par exemple, ou précédemment soumis à une autre infection ou à une autre intoxication, donnent un résultat positif. Après un délai variable, ces animaux soumis à l'injection d'un complexe TA rigoureusement neutre, ont offert des symptômes de tétanos tantôt léger ou moyen, tantôt grave, en rapport avec la sévérité de leur état morbide préalable. L'animal sain demeure rebelle à l'injection du complexe neutre toxine-antitoxine.

J'ai constaté également que l'animal sain, soumis à un surmenage artificiel et suffisamment prolongé, devient réceptif et prend le tétanos après l'injection du complexe neutre toxine-antitoxine. Enfin on peut également annihiler la résistance normale de l'animal sain à l'égard de ce complexe TA en élevant sa température interne à 42° ou 42°,5. On obtient cet effet hyperthermique en mettant le cobaye dans une étuve à 41°. En pareil cas, la température propre de l'animal atteint progressivement, en 1 heure et demie environ, le chiffre ci-dessus.

Dans ces diverses circonstances, j'ai recherché la cause déterminante de ce défaut de résistance à l'égard de l'association neutre de la toxine et de l'antitoxine. J'ai constaté que *ce déficit défensif est dû essentiellement à la chute progressive du taux normal de l'alexine du sang*. J'ai titré, dans ces divers cas, la proportion d'alexine contenue dans le sang des animaux soumis au surmenage ou à l'hyperthermie. Or, j'ai constaté un déficit alexique parfois considérable pouvant atteindre la moitié, les deux tiers et parfois davantage encore, du taux normal de l'alexine. Ainsi s'explique l'insuffisance de la réaction défensive chez l'animal soumis à ces expériences.

Le surmenage, l'hyperthermie constituent, en conséquence, des facteurs favorisants puissants des maladies infectieuses et des intoxications par l'action qu'exercent ces deux facteurs sur l'élément protecteur ou défensif du sang qu'est l'alexine. Leur association a aggravé le déficit défensif chez les animaux soumis à ces expériences. Celles-ci apportent l'interprétation de faits d'ordre clinique observés en pathologie humaine.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. **René Dugas** intitulé : *Histoire de la Mécanique*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Louis Roy** adresse la deuxième édition de son Ouvrage : *Problèmes de statique graphique et de résistance des matériaux à l'usage des élèves de l'École nationale supérieure d'électrotechnique et d'hydraulique et des candidats au certificat de Mécanique appliquée.*

DÉSIGNATIONS.

M. **Pierre Lejay** est adjoint aux délégués précédemment désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu le 20 mai 1950, à la Sorbonne, en l'honneur du Centième anniversaire de la naissance de **Oliver Heaviside.**

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Physique théorique du Collège de France, pour la première ligne, M. *Jean Laval* obtient 57 suffrages contre 2 à Mme *Jacques Tonnelat* et 2 à M. *Alexandre Proca*.

Pour la seconde ligne, Mme *Jacques Tonnelat* obtient 45 suffrages contre 2 à M. *Alexandre Proca*. Il y a 6 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Jean Laval.**
En seconde ligne .... Mme **Jacques Tonnelat.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à chacune des Chaires suivantes du Conservatoire National des arts et métiers :

1° *Chaire de chimie générale dans ses rapports avec l'industrie;*
(Renvoi à la Section de Chimie.)

2° *Chaire de mathématiques en vue de ses applications aux arts et métiers.*
(Renvoi à une Commission composée des Sections de Géométrie et de Mécanique et de MM. R. Esnault-Pelterie et A. Portevin.)

M. **René Fabre** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *Richard Fosse*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Annales de l'Institut National de la Recherche agronomique. Série A. *Annales agronomiques*. 1[re] année, n° 1.

ALGÈBRE. — *Nouvelles applications de la théorie des filets.* Note de M. **Paul Jaffard**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à deux Notes précédentes (1), (2). Nous conservons les mêmes définitions et les mêmes notations.

Nous rappelons (3) qu'un réseau R est dit *relativement complémenté* si quels que soient a, b, $x \in \mathrm{R}$ tels que $a \leqq x \leqq b$, $\exists y \in \mathrm{R}$ avec $\inf(x, y) = a$, $\sup(x, y) = b$. Ceci posé on a le

Théorème 1. — *Si l'ensemble* $\mathcal{F}$ *des filets d'un groupe réticulé* G *satisfait à la condition affaiblie de chaîne ascendante,* $\mathcal{F}$ *est relativement complémenté.*

Le groupe $\mathrm{G} = \prod_{\iota \in \mathrm{I}} \mathrm{G}_\iota$, où tous les G_ι sont totalement ordonnés et où I est infini, a un ensemble de filets relativement complémenté qui ne satisfait pas à la condition affaiblie de chaîne ascendante. Le théorème 1 n'a donc pas de réciproque. Toutefois :

Proposition 1. — *Si* $\mathcal{F}$ *satisfait à la condition de chaîne descendante, la condition affaiblie de chaîne ascendante pour* $\mathcal{F}$ *est équivalente au fait qu'il soit relativement complémenté.*

Pour voir cela on démontre d'abord que si $\mathcal{F}$ satisfait à la condition de chaîne descendante et est relativement complémenté, tout filet différent de $\bar{0}$ contenu dans $\mathcal{F}$ est supérieur ou égal à des filets minimaux qui ne sont qu'en nombre fini. Cette dernière condition entraîne les trois autres. Si elle est réalisée et si de plus G vérifie la propriété A, un raisonnement analogue à celui de la Note (2) montre que G est somme directe de groupes totalement ordonnés.

A partir de là on a le

Théorème 2. — *Les conditions nécessaires et suffisantes pour que le groupe réticulé* G *soit somme directe de groupes totalement ordonnés sont les suivantes :*

1° G *vérifie la condition* A.

2° *L'ensemble* $\mathcal{F}$ *des filets de* G *vérifie la condition de chaîne descendante.*

3° $\mathcal{F}$ *vérifie la condition de chaîne ascendante.*

3° est remplaçable par :

3′ $\mathcal{F}$ *est relativement complémenté.*

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1024.

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1125.

(3) Birkhoff, *Lattice theory*, p. 23.

Étant donné le groupe réticulé G, on dira que le sous-groupe H de G est *propre* si $a,\ b \in H \rightarrow \inf(a,\ b) \in H$. Un sous-groupe propre est évidemment réticulé.

On sait ([1]) qu'un groupe réticulé G peut toujours être réalisé comme sous-groupe propre d'un groupe $\Gamma = \prod_{\iota \in I} G_\iota$ où tous les G_ι sont totalement ordonnés. Soit $\Gamma_\alpha = \prod_{\iota \notin \{\alpha\}} G_\iota$ et f_α l'homomorphisme canonique (pour la structure de groupe ordonné) de Γ sur Γ_α. On dira que la composante α est une composante *superflue* si f_α induit un isomorphisme (de groupe ordonné) de G sur $f_\alpha(G)$. Une composante non superflue est *essentielle*. Il existe des groupes réticulés G tels que dans une réalisation du type précédent toute composante soit superflue.

PROPOSITION 2. — *La composante α est essentielle si et si seulement $\exists\, x \in G$ tel que $\mathrm{pr}_\alpha(x) > 0$ et $\iota \neq \alpha$ entraîne $\mathrm{pr}_\iota(x) = 0$ ($\iota \in I$).*

Une réalisation de la forme précédente sera dite *irréductible* si toutes les composantes sont essentielles.

THÉORÈME 3. — *La condition nécessaire et suffisante pour que le groupe G admette une réalisation irréductible comme sous-groupe propre d'un produit de groupes totalement ordonnés est que tout filet de G différent de $\bar{0}$ soit supérieur ou égal à un filet minimal.*

On a enfin le théorème d'unicité suivant qui généralise les théorèmes d'unicité I et II de ([2]) :

THÉORÈME 4. — *Étant données deux réalisations irréductibles de G comme sous-groupe propre d'un produit de groupes totalement ordonnés $G \subset \Gamma = \prod_{\iota \in I} G_\iota$ et $G \subset \Gamma' = \prod_{\iota' \in I'} G_{\iota'}$ telles que $\mathrm{pr}_\iota(G) = G_\iota$ et $\mathrm{pr}_{\iota'}(G) = G_{\iota'}$ ($\iota \in I$, $\iota' \in I'$), il existe une application biunivoque φ de I sur I′ telle que $G_{\varphi(\iota)}$ soit isomorphe (au sens des groupes ordonnés) à G_ι et que $G_{\varphi(\iota)} \cap G = G_\iota \cap G$.*

Remarque. — Dans le cas où G vérifie de plus la propriété A, le théorème 4 se démontre comme les théorèmes d'unicité de ([2]), et l'on a $\sum_{\iota \in I} G_\iota \subset G \subset \prod_{\iota \in I} G_\iota$.

([1]) LORENZEN, *Math. Zeits.*, 45, p. 533.

THÉORIE DES GROUPES. — *Caractérisation de certains sous-groupes centraux d'un produit complet de groupes abéliens* (¹). Note de M. **Léo Kaloujnine**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $\mathcal{G} = \Gamma_1 \circ \Gamma_2 \circ \ldots \circ \Gamma_s$ le produit complet des groupes abéliens $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s$ et soit G un sous-groupe central de $\mathcal{G}$. Dans la présente Note on énonce des conditions nécessaires et suffisantes pour que la suite canonique de G soit sa suite centrale ascendante. Énonçons d'abord quelques notions et résultats qui se rapportent aux produits complets de groupes abstraits quelconques (²).

$\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s$ étant s groupes abstraits, le produit complet $\mathcal{G} = \Gamma_1 \circ \Gamma_2 \circ \ldots \circ \Gamma_s$ est, par définition, un groupe de permutations de l'ensemble produit $\Gamma = \Gamma_1 \times \Gamma_2 \times \ldots \times \Gamma_s$ [Γ est l'ensemble des suites $x = (x_1, x_2, \ldots, x_s)$, où $x_i \in \Gamma_i$] défini comme suit : $\mathcal{G}$ est l'ensemble des permutations

$$a = \{x \to ((ax)_1, (ax)_2, \ldots, (ax)_s)\}$$

telles que 1. $(ax)_i$ ne dépend que de $x_1, x_2, \ldots, x_i$ et si 2. $(ax)_i = a_i(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}) x_i$ est le produit dans Γ_i de $x_i \in \Gamma_i$ par un $a_i(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}) \in \Gamma_i$ dépendant de $x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}$. L'application $(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}) \to a_i(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1})$ de $\Gamma_1 \times \Gamma_2 \times \ldots \times \Gamma_{i-1}$ dans Γ_i est dite *la $i^{\text{ème}}$ coordonnée de a*. (On notera dans la suite par $\Gamma_i^{\Gamma_1 \times \Gamma_2 \times \ldots \times \Gamma_{i-1}}$ le groupe des applications de $\Gamma_1 \times \Gamma_2 \times \ldots \times \Gamma_{i-1}$ dans Γ_i.) La permutation $a \in \mathcal{G}$ est complètement déterminée par la suite de ses coordonnées $[a_1, a_2(x_1), \ldots, a_s(x_1, x_2, \ldots, x_{s-1})]$ qui est dite *le tableau de a*.

L'ensemble des éléments de $\mathcal{G}$ qui conservent les i premières coordonnées de tous les éléments de Γ est un sous-groupe invariant Δ^i de $\mathcal{G}$. (C'est le plus grand sous-groupe de $\mathcal{G}_i$ qui est invariant dans $\mathcal{G}$). Posons $\mathcal{G}^i = \mathcal{G}/\Delta^i$. $\mathcal{G}^i$ s'identifie d'une manière évidente avec $\Gamma_1 \circ \Gamma_2 \circ \ldots \circ \Gamma_i$. On désignera par T^i (resp. a^i; resp. G^i) l'image dans $\mathcal{G}^i$ d'un sous-ensemble T (resp. d'un élément a; resp. d'un sous-groupe G) de $\mathcal{G}$ par l'homomorphisme canonique de $\mathcal{G}$ sur $\mathcal{G}^i$. On dira que T (resp. a; resp. G) est de *profondeur m* (m entier non négatif) si $(m+1)$ est le plus petit entier $1 \leqq j \leqq s$ tel que T^j (resp. a^j; resp. G^j) ne se réduit pas à l'unité de $\mathcal{G}^j$. La profondeur de l'unité de $\mathcal{G}$ sera, par définition, s. Le tableau d'un élément a de profondeur m est tel que pour tout $i \leqq m$ la $i^{\text{ème}}$ coordonnée $a_i(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1})$ de a est l'unité de $\Gamma_i^{\Gamma_1 \times \Gamma_2 \times \ldots \times \Gamma_{i-1}}$. La $(m+1)^{\text{ième}}$ coordonnée de a (c'est la première qui ne possède pas la propriété ci-dessus) est dite *la coordonnée principale de a*. Δ^m est l'ensemble des éléments

(¹) *Voir* les Notes *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 806-808 et **229**, 1949, p. 1289-1291, dont on utilisera les notions, les notations et les résultats.

(²) Ces notions et ces résultats sont traités d'une manière détaillée dans un Mémoire de L. Kaloujnine-M. Krasner qui est sous presse à l'*Acta Scient. Math. de Szeged*.

de profondeur $\geq m$. On voit facilement que pour $a \in \Delta^m$ l'application

$$\psi_{m+1} = \{ a \to a_{m+1}(x_1, x_2, \ldots, x_m) \}$$

est un homomorphisme de Δ^m sur le groupe $\Gamma_{m+1}^{\Gamma_1 \times \Gamma_2 \times \ldots \times \Gamma_m}$. Le noyau de ψ_{m+1} est Δ^{m+1}.

Soit maintenant $\mathcal{G} = \Gamma_1 \circ \Gamma_2 \circ \ldots \circ \Gamma_s$ le produit complet des groupes *abéliens* $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots \Gamma_s$, soit G un sous-groupe central de $\mathcal{G}$ et soit $G = G_0 \supset G_1 \supset \ldots G_{s-1} \supset 1$ la suite canonique de G. G_i est de profondeur i [3]. En outre, pour tout $a \in G_{i-1}$, $a \notin G_i$ la coordonnée principale de a est de la forme $a_i(x_1, x_2, \ldots, x_i) = \text{const.} \in \Gamma_i$. En effet, on vérifie que, pour un $b \in G$, la coordonnée principale de $b^{-1}ab \in G_{i-1}$ est $a_i((bx)_1, (bx)_2, \ldots, (bx)_{i-1})$. Mais, puisque G opère transitivement sur Γ, pour tout $x \in \Gamma$ il existe un $\tilde{b} \in G$ tel que l'on ait $\tilde{b}x = e = (e_1, e_2, \ldots, e_s)$. D'autre part, G étant central, on a, pour tout $b \in G$, $\psi_i(b^{-1}ab) = \psi_i(a) = a_i(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1})$, d'où $a_i(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}) = a_i((\tilde{b}x)_1, (\tilde{b}x)_2, \ldots, (\tilde{b}x)_{i-1}) = a_i(e_1, e_2, \ldots, e_{i-1}) = \varphi_i(a) \in \Gamma_i$.

On a vu [1] que pour tout $a \in G_{i-1}$, $a \notin G_i$, il existe un $\bar{a} \in \bar{G}_{i-1}$ tel que $\bar{a}a^{-1} \in \mathcal{G}_s$, ou, autrement dit, tel que $\varphi_i(\bar{a}) = \bar{a}_i(e_1, e_2 \ldots, e_{i-1}) = a_i(e_1, e_2, \ldots, e_{i-1}) = \varphi_i(a)$. Or, G et $\bar{G}$ étant centraux, les coordonnées principales de a et $\bar{a}$ sont constantes et, étant égales pour la valeur de l'argument $(e_1, e_2, \ldots, e_{i-1})$, elles coïncident. Par conséquent l'application $\Lambda = \{a \to \lambda_a\}$ de G dans $\mathcal{G}_s$ applique G_{i-1} dans Δ_i. Considérant pour tout i l'homomorphisme $\psi_{i+1}\Lambda$ de G_{i-1} dans $\Gamma_{i+1}^{\Gamma_1 \times \Gamma_2 \times \ldots \times \Gamma_i}$ (c'est l'homomorphisme qui applique tout $a \notin G_{i-1}$, $a \notin G_i$ sur la coordonnée principale de λ_a), la caractérisation des sous-groupes centraux, dont les suites canoniques sont les suites centrales ascendantes, résulte du théorème suivant :

Théorème. — *Pour qu'un sous-groupe central* G *de* $\mathcal{G}$ *soit tel que sa suite canonique* $G = G_0 \supset G_1 \supset \ldots \supset 1$ *soit sa suite centrale ascendante, il faut et il suffit que, pour tout* $i = 2, 3, \ldots, s$, *l'homomorphisme* $\psi_i\Lambda$ *de* G_{i-2} *dans* $\Gamma_i^{\Gamma_1 \times \Gamma_2 \times \ldots \times \Gamma_{i-1}}$ *soit un isomorphisme.*

En effet, en vertu de la définition de la suite centrale ascendante, pour que G possède la propriété énoncée, il faut et il suffit que, pour tout i, G_{i-1}^i soit le centre $z(G^i)$ de G^i. G étant central, on a $G_{i-1}^i \subseteq z(G^i)$. D'autre part, les éléments a^i de $z(G^i)$ sont caractérisés par la propriété $a^i = \bar{a}^i$ ou, par la propriété équivalente $\lambda_a^i = 1(\mathcal{G}^i)$. Supposons que $G_{i-1}^i = z(G^i)$, alors pour tout $a \in G_{i-2}$, $a \notin G_{i-1}$, $\lambda_a^i \neq 1(\mathcal{G}^i)$ et $\psi_i\Lambda a$ n'est pas l'unité de $\Gamma_i^{\Gamma_1 \times \Gamma_2 \times \ldots \times \Gamma_{i-1}}$.

Inversement, si pour un $i = 2, 3, \ldots, s$ et un $a \in G_{i-2}$, $a \notin G_{i-1}$ on a $\psi_i\Lambda a = 1(\Gamma_i^{\Gamma_1 \times \Gamma_2 \times \ldots \times \Gamma_{i-1}})$ alors on a $a \in z(G^i)$ et $z(G^i)$ est strictement plus grand que G_{i-1}^i. Ceci démontre le critère énoncé.

---

[3] Ceci est plus généralement vrai pour des sous-groupes G de $\mathcal{G}$ dont la suite canonique est une suite principale. (G_i invariant dans G pour tout i).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une extension du second théorème fondamental de R. Nevanlinna.* Note de M. **King-Lai Hiong**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans la théorie des fonctions méromorphes, M. R. Nevanlinna a généralisé son second théorème fondamental dans le cas de trois indices de densité, en substituant des fonctions aux valeurs constantes figurées dans l'inégalité fondamentale ([1]). Récemment, M. H. Milloux a donné au même théorème d'autres extensions intéressantes en faisant jouer aux dérivées le même rôle qu'à la fonction considérée ([2]). En utilisant à la fois les idées de ces deux auteurs, nous sommes arrivé à une nouvelle extension.

1. Au moyen d'un théorème préliminaire obtenu en précisant les conditions du théorème généralisé de M. R. Nevanlinna et par un procédé analogue à celui qu'a employé M. Milloux, nous établissons le

Théorème I. — *Étant donnée une fonction méromorphe en tout point à distance finie, soit $\psi(x)$ une fonction entière qui ne s'annule pas identiquement et telle que* $T(r, \psi) = o(T(r, f))$. *On suppose que* $f(0) \neq 0, \infty$; $f'(0) \neq 0, \infty, \psi(0)$; $\psi(0) \neq 0$; *et* $\psi(0)f''(0) - f'(0)\psi'(0) \neq 0$. *Dans ces conditions, on a*

$$(1) \qquad [1 - o(1)]T(r, f) < N(r, f) + N\left(r, \frac{1}{f}\right) + N\left(r, \frac{1}{f' - \psi}\right) + S_1(r)$$

avec (*pour* $0 < r < \rho$)

$$(2) \quad S_1(r) = 4[3 + o(1)]\overset{+}{\log} T(\rho, f) + 3[3 + o(1)]\log\frac{\rho}{\rho - r} + [1 + o(1)]\log\frac{\rho}{r} + [4 + o(1)]\overset{+}{\log}\frac{1}{\rho} + \left[\frac{1}{2} + o(1)\right]\overset{+}{\log}\frac{1}{|f(0)|} + 3\overset{+}{\log}|f'(0)| + 2\log|\psi(0)| + \overset{+}{\log}\frac{1}{|\psi(0)|} + \log\frac{1}{|\psi(0)f''(0) - f'(0)\psi'(0)|} + 221.$$

$S_1(r)$ satisfait aux conditions connues : 1° λ étant un nombre positif quelconque, on a

$$\int_{r_0}^{r} \frac{S_1(r)}{t^{\lambda+1}}\, dt = O\left(\int_{r_0}^{r} \frac{\log T(r, f)}{t^{\lambda+1}}\, dt\right);$$

2° On a, dans le cas de l'ordre fini, $S_1(r) = O(\log r)$ et, dans le cas de l'ordre infini,

$$S_1(r) < O(\log T(r, f) + \log r),$$

([1]) R. Nevanlinna, *Le théorème de Picard-Borel* (*Coll. Monog.*, 1929, p. 75).

([2]) H. Milloux, *Les fonctions mérom. ...* (*Act. Sc. et Ind.*, n° 888, p. 14 et 22); *Les dérivés des fonctions mérom. ...* (*Ann. Éc. Norm.*, 63, 1946, p. 289-316).

en excluant éventuellement une suite infinie d'intervalles dont la longueur totale est finie.

Remarque. — Les restrictions relatives à l'origine ont été faites dans un but de simplification; on peut les lever au besoin en introduisant les premiers coefficients du développement en série de Laurent, au voisinage de l'origine, d'une ou de plusieurs des fonctions : $f(x)$, $f'(x)$ $\varphi(x)$, et dérivée de $f'(x)/\varphi(x)$.

En nous appuyant sur le théorème I, nous démontrons alors le théorème suivant à l'aide d'une transformation linéaire.

THÉORÈME II. — *Étant donnée une fonction méromorphe $f(x)$, soient $\varphi(x)$ et $\psi(x)$ deux fonctions entières, $\psi(x)$ étant distincte de $\varphi'(x)$, telles que $T(r, \varphi) = o(T(r, f))$, $T(r, \psi) = o(T(r, f'))$. On suppose que $f(o) \neq \infty$, $\varphi(o)$; $f'(o) \neq \infty$, $\varphi'(o)$, $\psi(o) - \varphi'(o)$;*

$$[f'(o) - \varphi'(o)]\,[\psi'(o) - \varphi''(o)] - [f''(o) - \varphi''(o)]\,[\psi(o) - \varphi'(o)] \neq o.$$

Dans ces conditions, on a l'inégalité fondamentale.

$$(3) \qquad [1 - o(1)]\,T(r, f) < N(r, f) + N\left(r, \frac{1}{f - \varphi}\right) + N\left(r, \frac{1}{f' - \psi}\right) + S_2(r),$$

$S_2(r)$ ayant une expression de la même forme que (2) et satisfaisant les conditions 1° et 2° précisées plus haut.

On peut faire pour le théorème II une remarque analogue à celle qu'on a fait pour le théorème I, et le théorème s'obtient sans restrictions à l'origine. On exclut toutefois le cas où $f'(x)$ est une constante, cas facile à étudier directement (*voir* Milloux, *loc. cit.*).

2. Comme conséquence, on obtient le théorème suivant qui peut être considéré comme une extension du théorème de Borel-Nevanlinna.

THÉORÈME III. — *Soit $f(x)$ une fonction méromorphe en tout point à distance finie, non rationnelle, dont le défaut des pôles est égal à 1; parmi les fonctions entières $\varphi(x)$ telles que $T(r, \varphi) = o(T(r, f))$ et parmi les fonctions entières $\psi(x)$ qui ne s'annulent pas identiquement et telles que $T(r, \psi) = o(T(r, f'))$, il y en a au plus une pour laquelle on ait $(\alpha)\, N[r, 1/(f - \varphi)] = o(T(r, f))$, ou bien une $\psi(x)$ qui est distincte de $\varphi'(x)$ et pour laquelle on ait $(\beta)\, N[r, 1/(f' - \psi)] = o(T(r, f))$. S'il existe une telle fonction ψ_1 satisfaisant à la condition (β), le défaut relatif aux zéros de $f - \varphi$ est nul pour toutes les autres fonctions φ dont φ' est distincte de ψ_1.*

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'utilisation non paradoxale de la causalité avancée dans le point de vue spatio-temporel global* [1]. Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Traduction algébrique des précautions de langage devant accompagner l'emploi des probabilités de transition de la théorie du positon de Feynman; relation avec la statistique de Fermi. Cas des bosons. Symétrie temporelle des statistiques quantiques.

L'on sait que, dans deux Mémoires récents [2], R. P. Feynman a développé un formalisme remarquablement concis pour l'électron superquantifié et l'électromagnétisme quantique; dans ce formalisme, à la symétrie relativiste complète, le positon est représenté comme un électron à énergie négative qui, dans l'espace-temps, progresse vers les temps décroissants, et tout photon absorbé ou émis au sens ordinaire s'interprète équivalemment comme étant émis ou absorbé vers les temps décroissants. Nous avons nous-même, et tout à fait indépendamment, soutenu ce point de vue sur des exemples [3], mais sans parvenir à voir clairement comment le paradoxe de la *causalité avancée* doit y être écarté.

Raisonnons d'abord dans le cadre de la statistique de Fermi, sur l'électron, et soit P_{12} la probabilité non superquantifiée de la transition du premier ordre $1 \to 2$; il s'agit de la transition généralisée comprenant à la fois les diffusions d'électrons et de positons, et les créations ou annihilations de paires. Si l'état sur lequel on fixe son attention, disons 1, précède dans le temps la transition, la probabilité P s'entend sous la condition *si le corpuscule est présent dans l'état* 1 *avant la transition;* s'il n'est pas initialement présent dans l'état 1, la probabilité de la transition tombe à zéro *ipso facto*. De même, si l'état considéré, disons 2, suit dans le temps la transition, la probabilité P s'entend sous la condition *si l'état* 2 *est vide avant la transition;* si l'état 2 est initialement occupé, la probabilité de la transition tombe à zéro *ipso facto* [4]. L'on voit finalement que le nombre P_{12} n'exprime pas à lui seul la probabilité réelle de la transition, mais que cette probabilité réelle est de la forme

$$P^*_{12} = n_1 P_{12} n_2, \qquad \text{avec} \quad n_1,\ n_2 = 0 \text{ ou } 1; \tag{1}$$

en règle générale, les probabilités P_{12} et P_{21} sont égales, en sorte que la formule (1) montre la complète indifférence de la probabilité P^*_{12} à l'ordre

(1) *Over all space-time point of view* de Feynman.

(2) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 749-759 et 769-789.

(3) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 724; 227, 1948, p. 1210 et 229, 1949, p. 1205.

(4) Le mot *transition* est pris bien entendu au sens global, les électrons étant individuellement indiscernables.

dans lequel on prend les deux états fixant la transition. L'interprétation des nombres n varie suivant que l'état considéré est antérieur ou postérieur dans le temps à la transition : si l'état précède la transition, n est le nombre de fermions présents dans cet état; si l'état suit la transition, n est le nombre de places libres dans cet état. Ces deux interprétations seraient interverties si, au lieu de faire des prévisions en fonction de ce que l'on sait avant la transition, l'on faisait des *post-visions* en fonction de ce que l'on sait après la transition.

Dans le cas des bosons, la probabilité superquantifiée d'une transition du premier ordre (au sens généralisé) a la forme

(2) $$P^*_{12} = n_1 P_{12} n_2 \quad \text{avec} \quad n_1,\ n_2 \text{ entiers positifs ou nuls};$$

les n représentent les nombres de bosons initialement présents dans l'état initial et finalement présents dans l'état final, *la transition étant supposée faite;* les mots initial et final sont pris au sens causal généralisé de Feynman, non au sens temporel. Cette formule est, elle aussi, symétrique vis-à-vis des états 1 et 2. Comme application immédiate, on a la forme superquantifiée de la probabilité feynmanienne pour l'émission ou l'absorption d'un photon de polarisation e et d'impulsion-masse q lors de la transition électronique $\psi_1 \rightleftharpoons \psi_2$

(3) $$P^*_{12} = P^*_{21} = n_2 \iiiint |\bar{\psi}_2 e \psi_1| \,\partial\omega.$$

Comme effet type du second ordre, on a l'effet Compton généralisé sur électron libre, l'électron subissant la transition $p_1,\ \psi_1 \rightleftharpoons p_2,\ \psi_2$ et le photon superquantifié la transition $n_1,\ q_1,\ e_1 \rightleftharpoons n_2,\ q_2,\ e_2$ avec la loi de conservation

(4) $$p_2 - p_1 + q_2 - q_1 = 0;$$

la probabilité feynmanienne de cette transition est

(5) $$n_2 \left\{ \iiiint |\bar{\psi}_2[e_2(p_1 + q_1 - m)^{-1} e_1 + e_1(p_1 - q_2 - m)^{-1} e_2]\psi_1|^2 \partial\omega \right\} n_1;$$

le même raisonnement fait en intervertissant les états 1 et 2 conduit à l'expression

(6) $$n_1 \left\{ \iiiint |\bar{\psi}_1[e_1(p_2 + q_2 - m)^{-1} e_2 + e_2(p_2 - q_1 - m)^{-1} e_1]\psi_2|^2 \partial\omega \right\} n_2,$$

qui est bien égale à la précédente en vertu de (4) et du fait que les expressions réelles $|\quad|$ sont égales à leurs conjuguées [5].

Finalement nous estimons, d'accord avec Feynman, que la notion toute fictive de *causalité avancée*, qui s'introduit d'elle-même dans le point de vue spatio-temporel global, ne fait apparaître aucun paradoxe; nous estimons,

[5] On a négligé, dans les formules (3), (5), et (6), les nombres de photons annihilés; *voir* à ce sujet L. DE BROGLIE, *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs*, Paris, 1949.

quant à nous, que cette notion peut être commodément maniée dans des formules superquantifiées telles que (1) et (2), et nous pensons que l'interprétation de ces formules éclaire d'un jour très vif le trait radicalement nouveau des statistiques quantiques, qui est l'*intervention du nombre des corpuscules dans l'état final*. Nos brefs entretiens avec M. R. P. Feynman nous ont éclairé dans la mise au point de nos idées sur le présent sujet.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Les ondes spontanées de la gravitation et leurs harmoniques*. Note de M. **Stanislas Dolinski** et M[lle] **Elisabeth Groza**, présentée par M. Jean Cabannes.

En étudiant le mouvement de la poussière cosmique dans les régions où la résultante des actions des masses environnantes est infime, nous avons déduit que la contraction de la poussière uniquement sous l'influence de sa propre gravitation n'est pas uniforme. Étant donné que l'attraction réciproque des particules dans le sens tangent aux surfaces équipotentielles est nulle, il faudrait avant tout étudier le mouvement des particules le long de la ligne de pente du potentiel.

A titre d'exemple, nous citerons les résultats du calcul dans le cas le plus simple d'une ligne de pente représentée par une demi-droite dotée, au moment initial, de masses uniformément disséminées et presque ponctuelles en comparaison avec les distances qui les séparent. Nous posons les vitesses initiales égales à zéro. Désignons par f_{ik} l'action, selon une loi quelconque (L), de toute masse m_k sur une masse donnée m_i, la force résultante $F_i(t)=\sum_{k=1}^{\infty} f_{ik}(t)$ cause le mouvement de la masse m_i.

En remplaçant l'action $F_i(t)$ qui change avec le temps d'une façon continue, par l'action approximative $F_i(0+q\Delta t)$, où $q=1, 2, 3, \ldots$, nous obtenons les formules suivantes, déterminant le mouvement de la particule i :

$$(1)\qquad v_i(0+q\,\Delta t)=\frac{\Delta t}{m_i}\sum_{k=0}^{q-1} F_i(0+k\,\Delta t),$$

$$(2)\quad x_i(0+q\,\Delta t)-x_i(0)=\frac{(\Delta t)^2}{2m_i}\{(2q-1)F_i(0)+(2q-3)F_i(0+\Delta t)$$
$$+(2q-5)F_i(0+2\Delta t)+\ldots$$
$$+3F_i[0+(q-2)\Delta t]+1\,F_i[0+(q-1)\Delta t]\}.$$

En remplaçant $q\Delta t$ par t, lorsque $\Delta t\to 0$ et $q\to\infty$, les formules précédentes deviendront

$$v_i(t)=\frac{1}{m_i}\int F_i(t)\,dt,$$

$$x_i(t)-x_i(0)=\frac{1}{m_i}\int\left[\int F_i(t)\,dt\right]dt,$$

La formule (2) permet de conclure que, si la loi (L) entraîne la proportionnalité des différences des accélérations des masses à leurs distances, dès lors le système se contracte (ou se dilate) d'une façon uniforme. Cela a lieu lorsque les masses agissent réciproquement avec une force proportionnelle à leurs produits et à leurs distances. Par contre, cela n'intervient point dans l'action selon la loi de Newton, où, comme le calcul le démontre, la contraction se réalise par la formation de groupes distincts. Toutefois la proportionnalité des différences des accélérations aux distances entre les masses, mais en approximation, intervient également pour chaque loi d'action dans des intervalles non considérables, sous la stricte condition que la force F_i ne varie que faiblement lorsque l'indice i varie. Il en découle la possibilité d'une contraction presque uniforme des systèmes dans de tels intervalles. Cela se produit, dans le cas de la demi-droite, pour des masses ayant les indices i très élevés.

Le calcul à l'aide des formules (1) et (2) amène le résultat que les masses s'unissent le long de la ligne de pente du potentiel en groupes séparés par des points neutres. Ces groupes se disposent en systèmes composés d'une masse centrale (contraction presque uniforme) et de plusieurs agglomérats plus petits, comme le Soleil avec ses planètes. Ces agglomérats deviennent à leur tour des systèmes, identiques mais en miniature, comme une planète avec ses lunes.

La formation décrite des systèmes est en rapport étroit avec la disposition de la force résultante $F_i(t)$ le long de la ligne de pente. Le graphique de cette force bien qu'il montre au moment initial une courbe asymptotique tendant vers zéro si l'indice i croît, reprend vite une forme qui rappelle le graphique des ondes amorties dans le temps. Le temps croissant, des périodes continuellement nouvelles s'ajoutent aux ondes du côté des indices croissant, alors que tous les extrêmes augmentent en vigueur jusqu'à des valeurs définies qui sont en rapport avec la grandeur des masses concentrées, de même que les intervalles entre les nœuds sont en rapport avec la densité de ces masses.

Une autre propriété de nos ondes est la possibilité de créer des ondes secondaires, harmoniques. Celles-ci sont liées de la même façon avec la formation des systèmes *lunaires* que le sont les ondes fondamentales avec la formation des systèmes *planétaires*.

En considérant, au lieu d'une demi-droite, un segment doté de masses et tourbillonnant autour de son milieu, on obtient en résultat que le segment se transforme sous l'influence des forces $F_i(t)$, des forces centrifuges ainsi que de celles de Coriolis, en deux spirales rappelant les branches des nébuleuses.

Nous espérons donner bientôt plus de détails sur les ondes décrites ci-dessus que nous nous permettons, vu leur étroite liaison avec l'évolution de la matière, d'appeler *ondes cosmogoniques*.

ÉLECTRICITÉ. — *Caractéristique courant-tension de films d'argent très minces pour des valeurs élevées du champ électrique.* Note (*) de MM. **André Blanc-Lapierre** et **Marcel Perrot**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié la caractéristique courant-tension de films d'argent très minces soumis à des champs électriques très intenses. Nous avons observé, à la température ordinaire, des écarts très importants à la loi d'Ohm.

Introduction. — On admet qu'aux très faibles épaisseurs, les films métalliques ont une *structure lacunaire*. Le mécanisme de passage du courant électrique y est donc certainement différent de celui qui correspond aux métaux massifs. Divers auteurs (1), (2), (3) ont signalé, pour certaines couches, des écarts à la loi d'Ohm. Ils indiquent des variations de résistance en fonction de la tension qui, en général, sont relativement faibles. Plus récemment (4), (5) on a signalé des écarts à la loi d'Ohm considérables pour des dépôts métalliques très minces à 4°,2 K. Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier à la température ordinaire la *caractéristique eourant-tension* $I = F(V)$ des films lacunaires dans des conditions telles que l'on puisse faire varier le champ électrique dans un *très grand domaine*. Nous avons utilisé des champs atteignant plus de 10000 V/cm.

1. Technique expérimentale. — 1° *Lames.* — Nous avons étudié des films d'argent déposés sur verre, dont les dimensions étaient les suivantes : épaisseur *équivalente* inférieure à $10^{m\mu}$; dimensions superficielles : $L = 2^{cm},2$ (normale au courant) et l compris entre 0,004 et $0^{cm},020$ (sens du courant).

2° *Vide.* — Les lames sont préparées par vaporisation et étudiées sous vide (pompe à palette, pompe Holweck, air liquide).

3° *Évolution.* — Les mesures effectuées entre 4 et 7 heures après la vaporisation ont été poursuivies plusieurs heures pendant lesquelles la variation de résistance, par évolution spontanée, n'a pas dépassé quelques pour cents (6).

2. Résultats. — Le tableau ci-joint relatif à quelques-unes des lames d'argent étudiées donne, pour plusieurs valeurs de V, le champ électrique E, la résis-

---

(*) Séance du 3 mai 1950.

(1) Bernamont, *Ann. Phys.*, 7, 1937, p. 71.

(2) A. van Itterbeek et L. de Grève, *Expérientia*, vol. III/7, 1947.

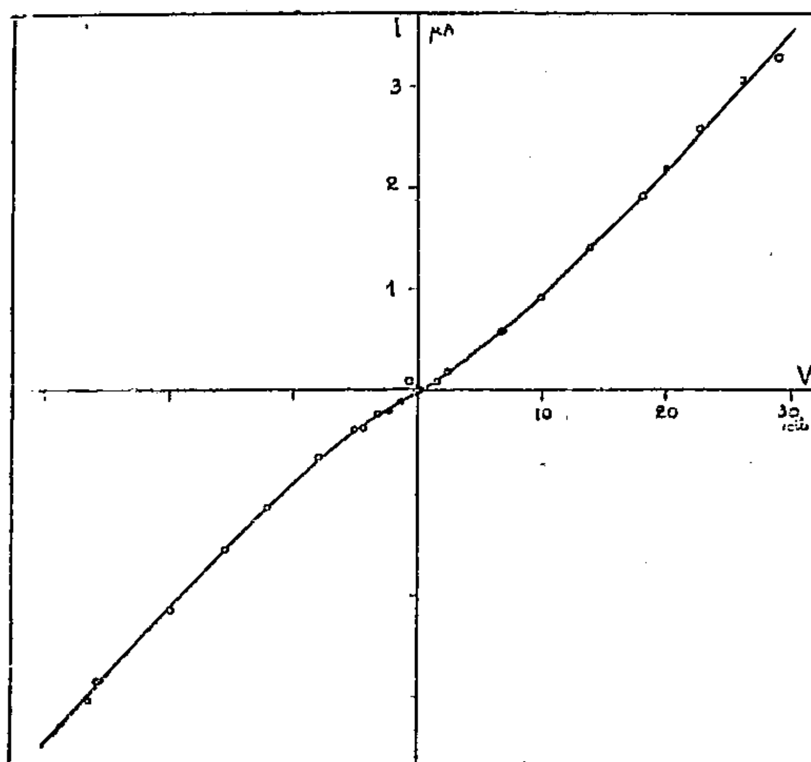
(3) Colombani, *Ann. Phys.*, 19, 1944, p. 272.

(4) P. Lainé, B. Vodar, N. Mostovetch, M. Barbaron et R. Spöndlin, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 815.

(5) N. Mostovetch et B. Vodar, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 934.

(6) Les évolutions sont conformes aux résultats déjà indiqués pour des lames d'argent d'épaisseur voisine de celle des nôtres (M. Perrot et S. Arcaix, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1139-1142).

tance $R = V/I$ est la puissance dissipée W_1. (R_0 est la limite de R pour $V = 0$; V' et E' sont la tension et le champ appliqués pour suivre la variation de R pendant l'évolution spontanée.) La courbe ci-jointe représente la caracté-



ristique courant-tension, de la lame n° 4, entre — 30 et + 30 V. Nous avons photographié les caractéristiques d'un certain nombre de lames tracées à l'oscillographe cathodique (fréquence de balayage égale à 50 c/sec). Elles présentent toutes la même courbure.

			V (V).	E (V/cm).	R (MΩ).	W_1 (mW).
Lame n° 4 :						
	$l = 0,005$;	$R_0 = 14,7$	2,5	500	13,3	0,0005
	$V' = 17,3$;	$E' = 3450$	10	2 000	11,0	0,009
			50	10 000	8,0	0,3
Lame n° 5 :						
	$l = 0,018$;	$R_0 = 22$	9	500	10,4	0,008
	$V' = 1,55$;	$E' = 86$	36	2 000	8,2	0,164
			50	4 280	7,6	0,331
Lame n° 6 :						
	$l = 0,010$;	$R_0 = 2$	5	500	0,67	0,037
	$V' = 0,5$;	$E' = 50$	20	2 000	0,40	1,0
Lame n° 7 :						
			0,4	100	2,0	0,0001
	$l = 0,004$;	$R_0 = 2,1$	0,8	200	1,6	0,0004
	$V' = 0,5$;	$E' = 125$	2	500	1,4	0,003
			8	2 000	1,0	0,064

3. Conclusion. — Nous ne pensons pas que la courbure de la caractéristique courant-tension soit due pour une part importante à un échauffement de la lame. Dans certains cas, on a des variations de résistance excédant 10 % alors que la puissance dissipée est inférieure au microwatt. Ce point de vue est

renforcé par les résultats d'expériences de détection que nous décrirons dans une prochaine Note. Nous pensons que l'effet thermique ne peut jouer qu'un rôle secondaire dans l'explication des résultats décrits; ces derniers traduisent probablement un mécanisme de conductibilité lié à la structure lacunaire des lames. On trouve également des caractéristiques analogues pour les semi-conducteurs. Nous avons aussi obtenu des caractéristiques semblables en étudiant des contacts imparfaits (pointe métal dans l'air).

MAGNÉTISME. — *Influence des recuits sur l'aimantation rémanente des ferromagnétiques*. Note (*) de M. **Jean-Claude Barbier**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'action d'un recuit sur une substance aimantée provoque une diminution de la racine carrée de l'aimantation rémanente proportionnelle à l'élévation de température. Ce phénomène est en accord avec une théorie de L. Néel sur le traînage magnétique de fluctuations thermiques.

Nous avons étudié l'action d'un recuit à une température T, suivi éventuellement d'un retour à la température initiale $T_0 (T > T_0)$, sur l'aimantation rémanente I_r d'une substance ferromagnétique : cette aimantation rémanente était obtenue par l'action d'un champ H, faible vis-à-vis du champ coercitif, sur la substance préalablement désaimantée au moyen d'un champ alternatif décroissant. Nous avons obtenu, en opérant des recuits à des températures croissantes $T_1, T_2, \ldots, T$, etc. une diminution $\Delta\sqrt{I_r}$ de la racine carrée de l'aimantation rémanente proportionnelle à $T - T_0$. La constante de proportionnalité est indépendante du champ H, si bien que l'on obtient des droites parallèles en représentant $\sqrt{I_r}$ en fonction de $T - T_0$ comme le montre la figure obtenue avec un alnico. La variation d'aimantation se produit pendant l'échauffement de T_0 à T et pendant le séjour à T; pendant le refroidissement de T à T_0, elle ne change plus. De même, un recuit ultérieur à une température comprise entre T et T_0 ne change plus l'aimantation.

Après recuit à la température T, la substance ne présente plus de traînage à la température T_0 : I_r ne dépend plus du temps, pourvu que l'élévation de température ait été au moins d'une vingtaine de degrés. Il est probable que les écarts entre les points expérimentaux et le réseau des droites, visibles dans la figure, proviennent de ce que le traînage magnétique a déjà effacé la fraction de l'aimantation rémanente qui aurait dû disparaître par une faible élévation de température.

Les différentes caractéristiques de ce phénomène sont en accord avec les prévisions d'une théorie du traînage irréversible dû aux fluctuations thermiques,

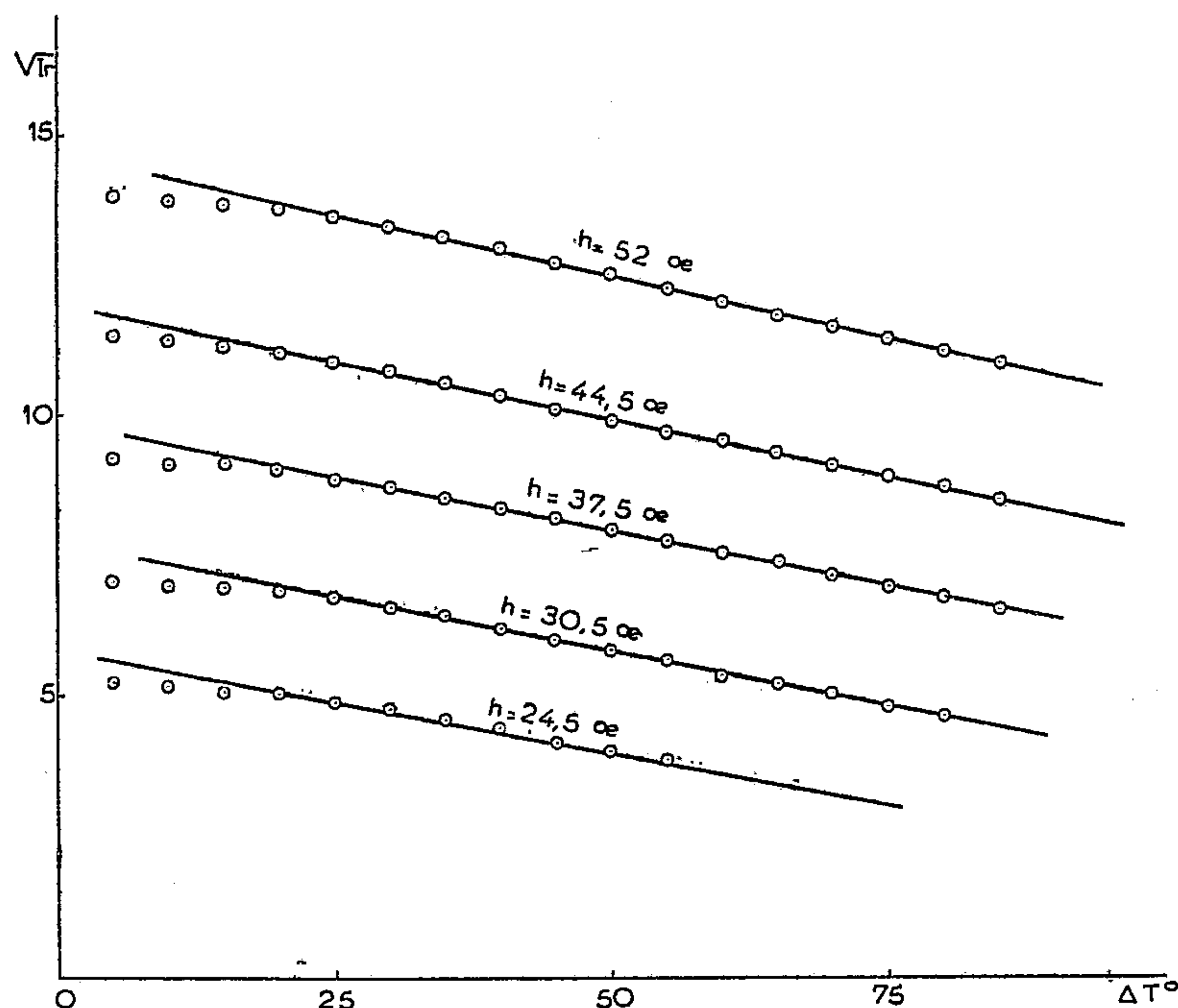
---

(*) Séance du 3 mai 1950.

développée récemment par L. Néel (1). Il résulte de cette théorie que

$$-\frac{\partial\sqrt{I_r}}{\partial T}=\sqrt{\frac{\beta}{2}}\,\frac{S_v}{T_0}\left(Q'+\frac{1}{2}\log t''\right),$$

où β est la constante de Rayleigh dans la loi de première aimantation ($I=aH+\beta H^2$), Q' une constante numérique voisine de 20, t'' la durée du



recuit à la température T et où S_v est lié au traînage magnétique par la relation

$$-\frac{\partial\sqrt{I_r}}{\partial\log t}=\sqrt{\frac{\beta}{2}}\,S_v.$$

L'étude sur un même échantillon de la diminution de l'aimantation rémanente par traînage et par élévation de température permet donc de déterminer expérimentalement Q'. On constate alors qu'il est possible de classer les substances en deux catégories : une catégorie A qui comprend les substances magnétiques dures, alnico, poudre de fer comprimée, etc., pour lesquelles les valeurs de Q' sont comprises entre 23 et 30, soit de l'ordre de grandeur prévu par la théorie. En outre, nous avons trouvé, pour l'alnico, aux températures $T_0=293°K$ et $T_0=191°K$, la *même valeur* de Q', tandis que S_v varie de 25 %, ce qui est également en accord avec la théorie. Une seconde catégorie B

(1) *J. Phys.*, 11, 1950, p. 49.

comprend les corps à champ coercitif plus petit; les valeurs de Q' sont beaucoup plus grandes, par exemple 57 pour un alnico recuit de $H_c = 200$ et 120 pour un FeCo de $H_c = 155$.

Corrélativement, la théorie prévoit qu'une substance ayant été aimantée à la température T_0, une *diminution* de température ne doit produire aucune variation de l'aimantation rémanente I_r. L'expérience montre qu'il en est bien sensiblement ainsi pour les substances de la catégorie A, mais que, pour les substances de la catégorie B, il se produit une diminution de I_r par refroidissement. Il est donc probable que dans ces substances, un mécanisme parasite, étranger aux fluctuations thermiques, vient diminuer l'aimantation rémanente quand on modifie la température, aussi bien dans un sens que dans l'autre, ce qui expliquerait les valeurs anormalement grandes de Q'. Le mécanisme de ce phénomène n'est pas connu, mais on pourrait l'imaginer comme une redistribution des domaines élémentaires.

HAUTE FRÉQUENCE. — *Contribution à l'étude des lignes à retard artificielles.*
Note (*) de M. **Gérard Martin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les relations établies permettent de calculer de façon moins empirique et beaucoup plus exacte que jusqu'alors une ligne artificielle bobinée sur noyau métallique et de prévoir son comportement en fonction de la fréquence.

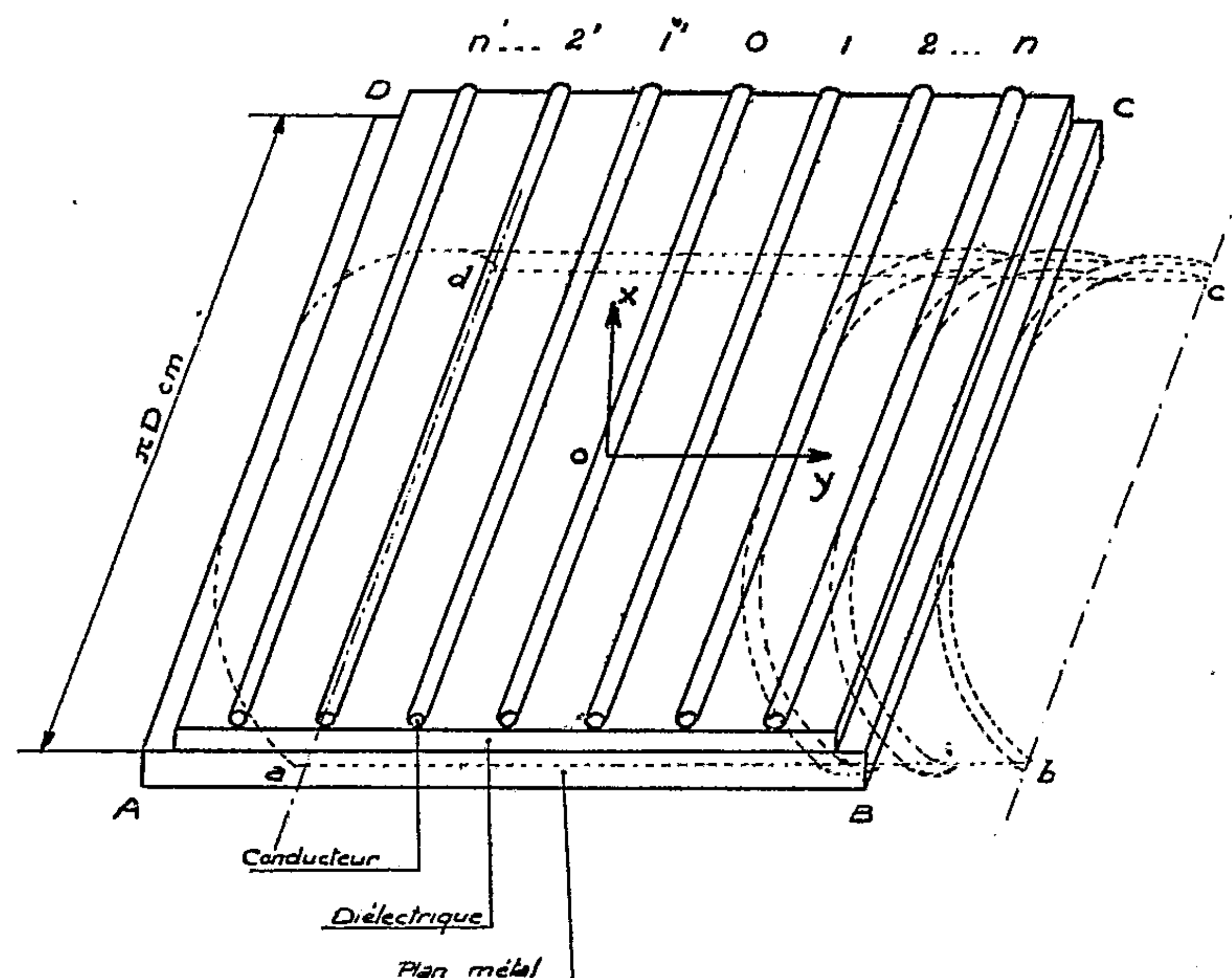
On peut, par cette méthode, remédier efficacement au manque d'homogénéité existant en bout de ligne.

Un effet de diminution de la vitesse de propagation par rapport à la vitesse d'une onde dans le vide a été obtenu en bobinant sur un noyau en laiton enrobé de diélectrique mince (trolitul $\varepsilon = 2,3$ à $2,6$) un conducteur en cuivre. On obtient suivant l'axe du solénoïde une vitesse de propagation v liée aux constantes linéiques de self L et de capacité C, comptées axialement. On peut aussi disposer en forme de méandres un conducteur appliqué sur une plaque métallique recouverte d'un diélectrique.

Méthode de calcul utilisée. — Soient p le pas de l'enroulement, h l'épaisseur du diélectrique, D le diamètre moyen de la bobine, r le rayon du fil. Dans le cas où les rapports h/D et p/D sont suffisamment petits, on peut ramener le problème cylindrique au problème plan. Conformément à la figure 1 qui indique cette transformation (ouverture de la ligne suivant un demi-plan passant par son axe) on retrouve un ensemble de conducteurs parallèles entre eux, de longueur πD, petite devant la longueur d'onde et parallèles au plan du noyau cylindrique développé. La méthode de calcul est basée sur l'addition des champs primaires E_x H_y créés en un point $P(xy)$ du plan des xy par les couples conducteurs (système Lecher) formés par chaque fil et son image par rapport

(*) Séance du 3 mai 1950.

au plan métallique. Nous prendrons Ox normal au plan de développement Oy normal aux conducteurs et dans le plan de développement. On tient compte du déphasage créé en chaque point des conducteurs par la propagation de



l'onde en introduisant un facteur $\cos n\theta$ [θ angle de propagation sur πD (cm)], facteur qui figure dans tous les termes et représente une répartition sinusoïdale des amplitudes E_x et H_y le long de la ligne.

Les relations générales de Maxwell appliquées au système fournissent l'expression du champ résultant en un point $P(xy)$ du plan des xoy :

$$(1)\qquad E_x = \frac{-A}{\sqrt{\pi\Delta}}\left\{ \sum_1^n \frac{\partial}{\partial x}\left[\mathrm{Log}\sqrt{\frac{(a+x)^2+(np-y)^2}{(a-x)^2+(np-y)^2}}\cos n\theta\right] + \sum_1^{n'} \frac{\partial}{\partial x}\left[\mathrm{Log}\sqrt{\frac{(a+x)^2+(n'p+y)^2}{(a-x)^2+(n'p+y)^2}}\cos n'\theta\right] + \frac{\partial}{\partial x}\left[\mathrm{Log}\sqrt{\frac{(a+x)^2+y^2}{(a-x)^2+y^2}}\right]\right\},$$

$$(2)\qquad H_y = \frac{-A}{\pi}\left\{ \sum_1^n \frac{\partial}{\partial x}\left[\mathrm{Log}\sqrt{\frac{(a+x)^2+(np-y)^2}{(a-x)^2+(np-y)^2}}\cos n\theta\right] + \sum_1^{n'} \frac{\partial}{\partial x}\left[\mathrm{Log}\sqrt{\frac{(a+x)^2+(n'p+y)^2}{(a-x)^2+(n'p+y)^2}}\cos n'\theta\right] + \frac{\partial}{\partial x}\left[\mathrm{Log}\sqrt{\frac{(a+x)^2+y^2}{(a-x)^2+y^2}}\right]\right\};$$

ε_0, μ_0 étant les constantes du vide, ε_r, μ_r les constantes relatives du milieu considéré, A une constante; a est défini par $a=\sqrt{D^2-r^2}$, π et Δ par $\pi=\mu_0\mu_r$ et $\Delta=\varepsilon_0\varepsilon_r$.

De ces expressions on déduit les relations de potentiel et de flux, d'où l'on tire finalement

$$(3)\qquad C=\frac{10^{-11}}{18\left\{\operatorname{Log}\frac{a'+h'}{a'-h'}+2\sum_1^n\left[\operatorname{Log}\sqrt{\frac{(a'+h')^2+(np)^2}{(a'-h')^2+(np)^2}}\cos n\theta\right]\right\}}\quad (\mathrm{F/cm}),$$

$$(4)\qquad L=2\left\{\operatorname{Log}\frac{a+h}{a-h}+2\sum_1^n\left[\operatorname{Log}\sqrt{\frac{(a+h)^2+(np)^2}{(a-h)^2+(np)^2}}\cos n\theta\right]\right\}.10^{-9}\ \mathrm{H/cm}.$$

Dans l'expression (3), pour tourner la difficulté supplémentaire introduite par la disposition non homogène du diélectrique entre fil et noyau, on a considéré une couche d'air fictive h' correspondant à une diminution d'épaisseur $h/\varepsilon_r=h'$.

Par les relations habituelles, on déduit la vitesse de propagation v et l'impédance caractéristique Z_c de la ligne. Ayant fixé une valeur θ du déphasage pour une disposition géométrique donnée des conducteurs on en déduit la répartition électrique du champ le long du système et la longueur d'onde λ' sur la ligne. On trouve la fréquence correspondante par la relation $F=v/\lambda'$. On peut ainsi pour chaque fréquence calculer L, C, v et Z_c.

Discussion de la méthode. — La superposition des champs créés par des conducteurs de section infiniment mince ne donne pas une image exacte de la configuration du champ réel existant. La méthode s'applique plus spécialement à des configurations comportant une couche diélectrique mince, un pas d'enroulement relativement petit et de petites courbures des noyaux.

L'intérêt qu'elle a présenté pour nous a été de dresser des projets de lignes à caractéristiques imposées, d'évaluer les perturbations créées en bout de ligne par rupture progressive d'homogénéité des constantes L et C et d'y apporter une correction efficace, indispensable pour des mesures d'impédances avec un tel instrument.

Résultats expérimentaux. — Ils ont montré une concordance de quelques pour-cents avec le calcul. Outre des mesures proprement dites sur les lignes, des modèles ont été étudiés à la cuve électrolytique, par la méthode des poudres conductrices, par une méthode dérivée de la formation des anneaux de Nobili et par une méthode graphique, pour établir une comparaison entre les configurations des champs réels et calculés.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'enregistrement du niveau moyen des atmosphériques*. Note (*) de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Pierre Lejay.

Un récepteur-enregistreur du niveau moyen des atmosphériques a été réalisé, pour 27 kc/sec, de façon que l'ordonnée moyenne de la courbe enregistrée soit proportionnelle, en supposant que les atmosphériques agissent par impulsions sur le récepteur, au produit de l'amplitude des impulsions par leur cadence de succession, c'est-à-dire à l'intensité du champ moyen.

Le radiocinémographe de R. Bureau enregistre la cadence de succession des atmosphériques dont l'amplitude est supérieure au seuil de fonctionnement de l'appareil.

Nous avons défini, dans une Note antérieure ([1]), le seuil de fonctionnement d'un récepteur-enregistreur du niveau moyen des atmosphériques par un flux d'impulsion, par unité de hauteur effective de l'aérien, correspondant à ce seuil. Nous avons observé ([2]) que le flux d'impulsion par unité de hauteur effective de l'aérien (Ψ_0) augmente, en fonction de la longueur d'onde d'accord des récepteurs, entre 2000 et 25000^m, comme la portée des atmosphériques indiquée, il y a plusieurs années, par R. Bureau ([3]), pour la propagation de jour. Plus récemment, les enregistrements effectués à bord du *Commandant Charcot* ([4]), lors de sa première croisière (1948-1949), ont permis d'observer la variation, au cours du trajet, du flux d'impulsion par unité de hauteur effective de l'aérien correspondant au seuil de fonctionnement du récepteur-enregistreur, installé à bord, dont la sensibilité était réglée, de place en place, pour obtenir des courbes comprises dans les limites du diagramme.

Nous avons réalisé, pour une fréquence de 27 kc/sec, un récepteur-enregistreur, associé à une antenne verticale, de façon que l'ordonnée de la courbe enregistrée varie linéairement, dans un domaine correspondant à la réception d'atmosphériques, avec l'amplitude et avec la cadence de succession d'impulsions électriques appliquées à l'aérien ([5]). Le récepteur comporte un étage d'amplification accordé et une détection par diode. L'emploi d'un enregistreur constitué par un galvanomètre sensible très amorti, à inscription photographique, permet de reculer les limites d'apparition de la saturation des tubes électroniques; il donne également la possibilité, en supprimant l'amplification

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1710.

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 51.

([3]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 349.

([4]) R. Bureau et M. Barre, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 626.

([5]) F. Carbenay, Note préliminaire n° 131 du Laboratoire National de Radioélectricité (mars 1949, p. 15).

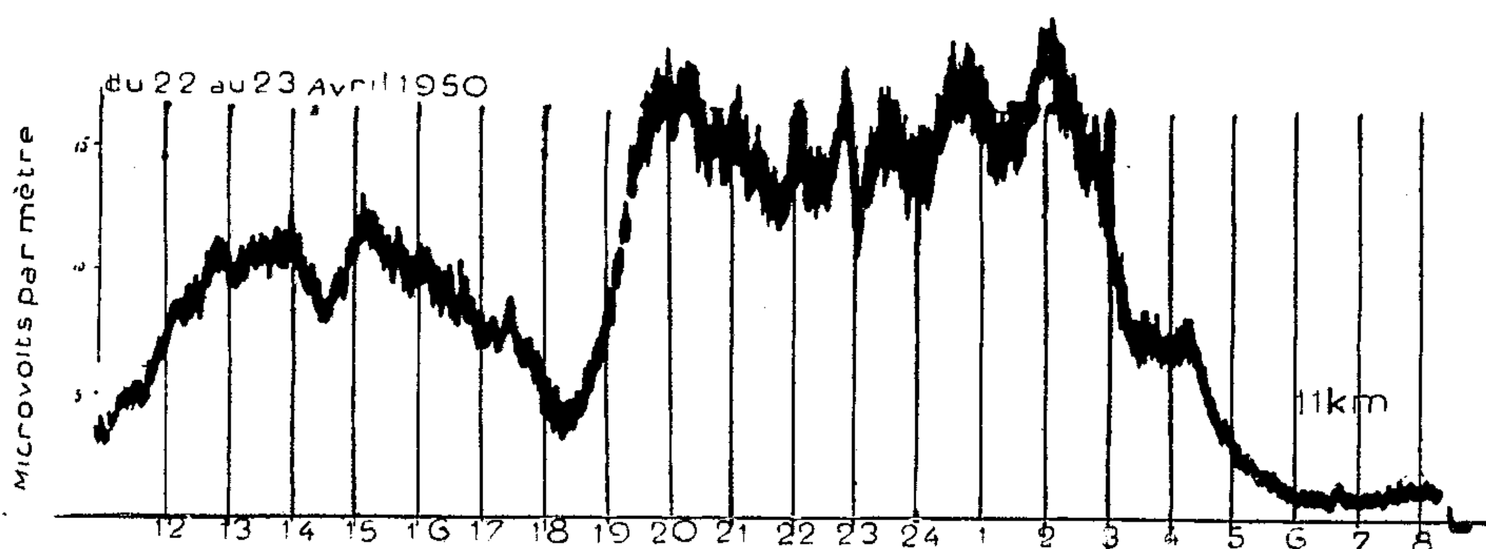
en fréquence acoustique, de réduire les constantes de temps du récepteur à celles des circuits d'accord, inférieures à la milliseconde, petites devant l'intervalle de temps σ entre deux impulsions successives.

Le galvanomètre a une sensibilité de 2.10^{-10}, une période propre de 4 secondes; le rapport de sa résistance critique à sa résistance interne permet d'obtenir une constante de temps d'enregistrement τ, de l'ordre de 80 secondes, grande devant l'intervalle de temps σ.

L'ordonnée moyenne de la courbe enregistrée est proportionnelle à un flux moyen, par unité de temps, égal au produit du flux d'impulsion Φ de la force électromotrice induite dans l'aérien par la cadence $n = 1/\sigma$ de succession des impulsions. Le rapport de ce flux moyen, par unité de temps, à la hauteur effective h de l'aérien est égal à l'intensité du champ électrique moyen

$$F_{moy} = \frac{n\Phi}{h} = n\Psi.$$

Le rapport du moment d'inertie K de l'équipage mobile du galvanomètre au coefficient A du couple d'amortissement étant tel que $e^{-(A/K)\sigma}$ soit très petit devant l'unité, l'effet du couple d'inertie est négligeable et la courbe enregistrée est une série d'oscillations (autour de l'ordonnée moyenne) dont l'amplitude est proportionnelle à chaque impulsion Φ de la force électromotrice induite dans l'aérien.



L'enregistrement fournit ainsi deux paramètres susceptibles de caractériser l'activité des atmosphériques, en supposant que ceux-ci agissent par impulsions sur le premier circuit accordé du récepteur : le champ moyen est proportionnel à l'ordonnée moyenne de la courbe et le flux des impulsions individuelles est proportionnel à l'amplitude des oscillations autour de l'ordonnée moyenne.

La figure représente un enregistrement d'atmosphériques obtenu au Laboratoire National de Radioélectricité et étalonné en champ moyen avec un générateur d'impulsions dont le principe a été indiqué dans une Note précitée.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *La lentille électrostatique indépendante en régime transgaussien.* Note (*) de M. ÉDOUARD REGENSTREIF, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous calculons ici la marche des rayons *transgaussiens* dans la lentille électrostatique symétrique.

Nous nous proposons d'étudier ici les rayons initialement parallèles à l'axe pour lesquels r_0/z_0 n'est plus négligeable ([1]) et que nous appellerons transgaussiens. Nous conduirons le calcul en partant de l'équation générale de la trajectoire de l'électron dans le système de révolution

$$(1)\qquad r'' = \frac{1+r'^2}{2\varnothing(z,r)}\left[\frac{\partial\varnothing(r,z)}{\partial r} - r'\frac{\partial\varnothing}{\partial z}\right]$$

en admettant que dans le développement de $\varnothing(z, r)$, les termes en r^4 et suivants sont négligeables.

Pour effectuer les calculs, nous distinguerons deux cas, suivant la distance à l'axe r_0 du rayon incident.

1. *Lentille* $r_0 < r_{0l}$. — Dans cette zone, le système fonctionne comme lentille. Les équations différentielles de la trajectoire s'écrivent :

Région d'incidence et d'émergence

$$(2)\qquad \left[\frac{2}{\beta^2} - 2(z\pm z_0)^2 + r^2\right]r'' = (1+r'^2)[r + 2(z\pm z_0)r'].$$

Région centrale

$$(3)\qquad \left(-\frac{2}{\alpha^2} - 2z^2 + r^2\right)r'' = (1+r'^2)(r+2zr'),$$

α et β étant définis dans la référence (1).

La résolution de (2) et (3) fournit

$$(4)\qquad \begin{cases} \text{Région d'incidence : } & r_1 = r_0 \operatorname{ch}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}}\arcsin(z+z_0)\sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2+r_0^2\beta^2}}\right], \\ \quad \text{» centrale : } & r_2 = A\cos\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}}\operatorname{arc\,sh} z\sqrt{\dfrac{2\alpha^2}{2-A^2\alpha^2}} - \varphi\right], \\ \quad \text{» d'émergence : } & r_3 = BF\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}}\arcsin(z-z_0)\sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2+B^2\beta^2}} - \psi\right]. \end{cases}$$

Les formules sont analogues à celles obtenues dans le cas de l'approximation de Gauss, mais les coefficients A, B, φ et ψ (et les arguments des fonctions)

(*) Séance du 27 mars 1950.

([1]) E. REGENSTREIF, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1262-1264.

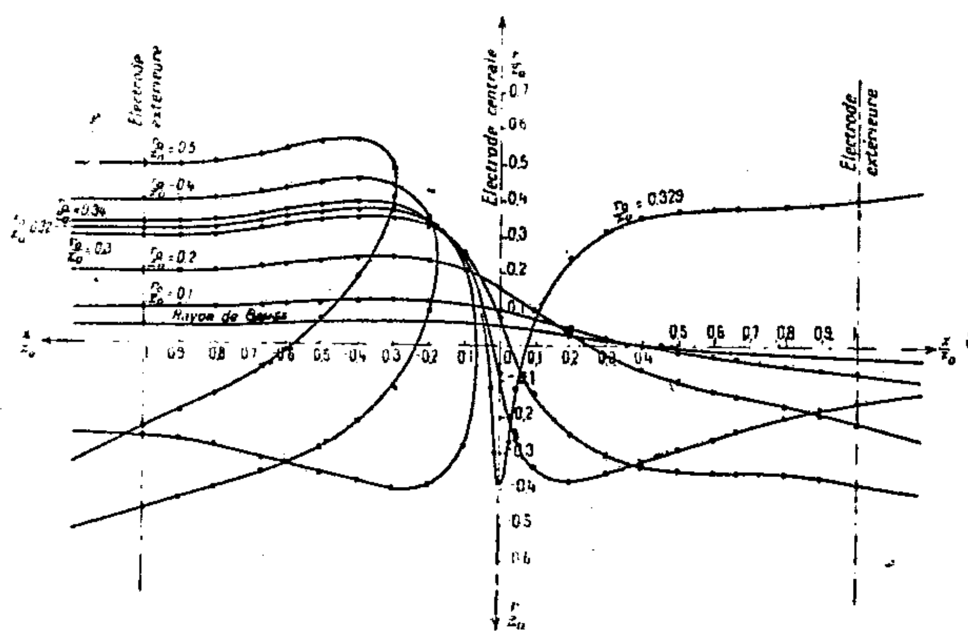
sont modifiés et dépendent de r_0/z_0 :

$$
(5)\quad \begin{cases}
\alpha_1 = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arcsh} \dfrac{2}{3} z_0 \sqrt{\dfrac{2\alpha^2}{2 - A^2\alpha^2}}, \\[2ex]
\beta_1 = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin \dfrac{z_0}{3} \sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2 + r_0^2\beta^2}}, \qquad \beta_2 = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin \dfrac{z_0}{3} \sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2 + B^2\beta^2}}, \\[2ex]
\lambda_1^2 = \dfrac{9 + (1-x)\left[13{,}5\left(\dfrac{r_0}{z_0}\right)^2 - 3\right]}{18x + (1-x)\left[12 - 13{,}5\left(\dfrac{A}{z_0}\right)^2\right]}, \qquad \lambda_2^2 = \dfrac{9 + (1-x)\left[13{,}5\left(\dfrac{B}{z_0}\right)^2 - 3\right]}{18x + (1-x)\left[12 - 13{,}5\left(\dfrac{A}{z_0}\right)^2\right]},
\end{cases}
$$

$$
(6)\qquad A^2 = r_0^2\left(\operatorname{ch}^2\beta_1 + \frac{1}{\lambda_1^2}\operatorname{sh}^2\beta_1\right), \qquad \varphi = \operatorname{arctg}\frac{1}{\lambda_1}\operatorname{th}\beta_1 - \alpha_1.
$$

Pour B et ψ il y a toujours lieu de distinguer deux cas suivant les valeurs de la quantité $K = |\lambda_2 \operatorname{tg}(\alpha_1 - \varphi)|$

$$
(7_1)\quad \begin{cases}
K < 1, \\
B^2 = A^2[\cos^2(\alpha_1 - \varphi) - \lambda_2^2 \sin^2(\alpha_1 - \varphi)], \\
\psi = \operatorname{arcth}\lambda_2 \operatorname{tg}(\alpha_1 - \varphi) - \beta_2, \\
F = \operatorname{ch}.
\end{cases}
\qquad
(7_2)\quad \begin{cases}
K > 1, \\
B^2 = A^2[\lambda_2^2 \sin^2(\alpha_1 - \varphi) - \cos^2(\alpha_1 - \varphi)], \\
\psi = \operatorname{arcth}\dfrac{1}{\lambda_2}\cot(\alpha_1 - \varphi) - \beta_2, \\
F = \operatorname{sh}.
\end{cases}
$$



Trajectoires transgaussiennes dans la lentille $\dfrac{\Phi(0)}{\Phi(z_0)} = 0{,}10$.

2. *Miroirs* $r_0 > r_{0l}$. — Dans cette zone le système agit comme miroir. Le groupe (4) doit être remplacé par :

$$
(4')\quad \begin{cases}
r_1 = r_0 \operatorname{ch}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin(z + z_0)\sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2 + r_0^2\beta^2}}\right], \\[2ex]
r_2 = A\cos\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arcch}\left| z\sqrt{\dfrac{2\alpha^2}{A^2\alpha^2 - 2}}\right| - \varphi\right], \\[2ex]
r_3 = BF\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin(z + z_0)\sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2 + B^2\beta^2}} - \psi\right].
\end{cases}
$$

A, B, φ et ψ étant déterminés par des formules analogues à (5), (6), (7).

Les groupes (4) et les relations complémentaires (5) à (7) définissent entièrement les trajectoires transgaussiennes en fonction du paramètre caractéristique de la lentille $x = \Phi(o)/\Phi(z_0)$ et de celui qui spécifie l'incidence r_0/z_0. Elles permettent de déterminer les surfaces principales, les surfaces caustiques, les zones de fonctionnement, etc. de la famille de lentilles envisagée et des miroirs qui s'y rattachent. En particulier, la valeur de r_{0l} est donnée par la relation $A^2\alpha^2 = 2$.

La figure montre la forme des trajectoires transgaussiennes, calculées dans le cas où $\Phi(o)/\Phi(z_0) = 0,1$.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur une amélioration des spectrographes β à lentilles.* Note de (*) M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Louis de Broglie.

On complète la théorie d'un mode de focalisation observé par Siegbahn et Slätis, et l'on en dérive un spectrographe β, à double focalisation, dont le pouvoir séparateur est sensiblement amélioré.

A. Dans une précédente Note ([1]) j'ai donné une première théorie du cas de focalisation électronique observé par Siegbahn et Slätis sur leur spectrographe; on peut l'améliorer de la manière suivante :

1. Le rayon moyen du faisceau sera toujours défini comme celui qui est parallèle à l'axe, dans le plan médian du spectrographe; mais on écrira maintenant cette condition en tenant compte des termes du troisième ordre, ce qui, avec les notations des Notes précédentes ([2]), ([3]) et en désignant de manière abrégée par $-\mu$ le coefficient de α^3

$$\text{(1)} \qquad \operatorname{tg}\theta = \frac{\alpha}{G} - \mu\alpha^3 = 0.$$

Ainsi la source A doit être placée non au foyer objet, mais à son voisinage, de manière à avoir une image virtuelle, droite, G fois grossie avec $G = 1/\mu\alpha^2$.

2. Dans ces conditions, les raisonnements de la Note ([3]) mènent aux formules suivantes pour la position de l'anneau Z_{RF} (par rapport au foyer image de la lentille) pour son rayon R et son épaisseur δR_s.

$$\text{(2)} \qquad Z_{RF} = \frac{Gf_0}{2}\,\frac{1-\alpha^2}{2},$$

$$\text{(3)} \qquad R = GC_s\alpha^3,$$

$$\text{(4)} \qquad \delta R_s = \frac{3}{2}GC_s\alpha\varepsilon^2.$$

(*) Séance du 24 avril 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1048-1050.

([2]) P. Grivet, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1152-1154.

([3]) P. Grivet, et G. Paquien, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 196-198.

3. Le calcul de la dispersion suivant la Note ([3]) n'est plus valable ici, car la méridienne de la caustique relative à la source à une tangente horizontale et le déplacement chromatique de l'image gaussienne ne modifient plus la position de l'anneau de focalisation ; la variation chromatique de celui-ci dépend d'autres facteurs et peut être calculée en détail. On trouve

$$\delta R_c = \frac{\alpha}{2}\left(2\delta f - G\delta Z_F - \frac{f\delta C_s}{C_s}\right), \tag{5}$$

mais l'expérience conduit à placer la source au voisinage du centre de la lentille, c'est-à-dire à alimenter celle-ci de manière à ce que son paramètre K^2 soit voisin de 3; alors les variations de C_s et de f_0 sont négligeables et l'effet reste détermiué par le seul déplacement du foyer; (5) se réduit à

$$\delta R_c = \frac{G C_c \alpha \delta\varphi}{2\varphi}, \tag{6}$$

relation qui, conjuguée avec (4), ramène la formule de la Note ([3]) pour le pouvoir séparateur

$$P_1 = \frac{2 C_c}{3 C_s \varepsilon^2}. \tag{7}$$

Ces formules nouvelles sont en meilleur accord que les anciennes avec les résultats de Siegbahn et Slatis.

B. J'ai calculé aussi le rayon du disque de confusion observé dans la deuxième focalisation, après la deuxième lentille. La méridienne de la caustique relative à la source, au voisinage du plan médian possède une tangente horizontale, mais le plan n'est cependant pas un plan de symétrie rigoureux pour les rayons et l'équation de la méridienne rapportée à son sommet, reste du troisième degré. On trouve

$$y = \frac{2\alpha^2}{3G^2}\left(z^2 - \frac{16\alpha}{9GR} z^3\right). \tag{8}$$

C'est ce défaut de symétrie qui empêche la deuxième focalisation d'être parfaite. En effet, soit deux rayons Δ_1 et Δ_2 de *directions* symétriques par rapport au plan médian, au voisinage de celui-ci; ils ne se croisent pas dans ce plan, mais un peu à sa gauche en un point C. Des rayons parallèles à Δ_1 et Δ_2 devraient partir de C', symétrique de C par rapport au plan médian, pour converger absolument en A'', par raison de symétrie. Si donc nous considérons l'écart δz entre les rayons réels Δ_1 et Δ_2, dans le plan de front de C', ce petit segment est l'image à travers la deuxième lentille du disque que nous étudions A'', image formée par le pinceau étroit d'ouverture 2ε. Bien que le pinceau n'ait pas la symétrie de révolution, les images qu'il forme obéissent comme l'a montré Cotte ([4]) aux lois classiques et appelant γ le grossissement linéaire,

([4]) *Annales de Physique*, **10**, 1938, p. 333-405.

quand on passe de A'' à son image C' on a $\rho = \delta z / 2\gamma$; γ est fourni par l'équation (1) qui, développée au voisinage de α donne l'inverse de γ, le grossissement angulaire au voisinage de C' par $\Phi = 2\varepsilon/G$; d'où $\gamma = G/2$, δz est fourni par l'équation des tangentes à la caustique (8) et l'on trouve $\delta z = 16\,R\,(\varepsilon/\alpha)^3$, d'où

$$\rho = 11\;C_S\,\alpha^3. \tag{9}$$

D'autre part, la variation chromatique du disque de confusion est donnée par un raisonnement analogue qui mène à la formule

$$\delta_{\rho_c} = \frac{2\alpha\,G\,C_c^2}{f_0}\left(\frac{\delta\varphi}{\varphi}\right)^2. \tag{10}$$

On obtient en conjuguant (9) et (10), le pouvoir séparateur

$$P_2 = \frac{C_c}{\sqrt{2}\,C_S}\,\frac{1}{\sqrt{\alpha\,\frac{\varepsilon^3}{G}}}. \tag{11}$$

La longueur de l'appareil est, d'après (2) de l'ordre de $G f_0$; il s'ensuit que α/G est de l'ordre de ε et que P_2 est de l'ordre de P_1; la deuxième moitié de l'appareil est alors aussi efficace que la première et cet équilibre subsiste si l'on tient compte du rayon de la source, à laquelle il convient de donner une valeur égale à 3ρ.

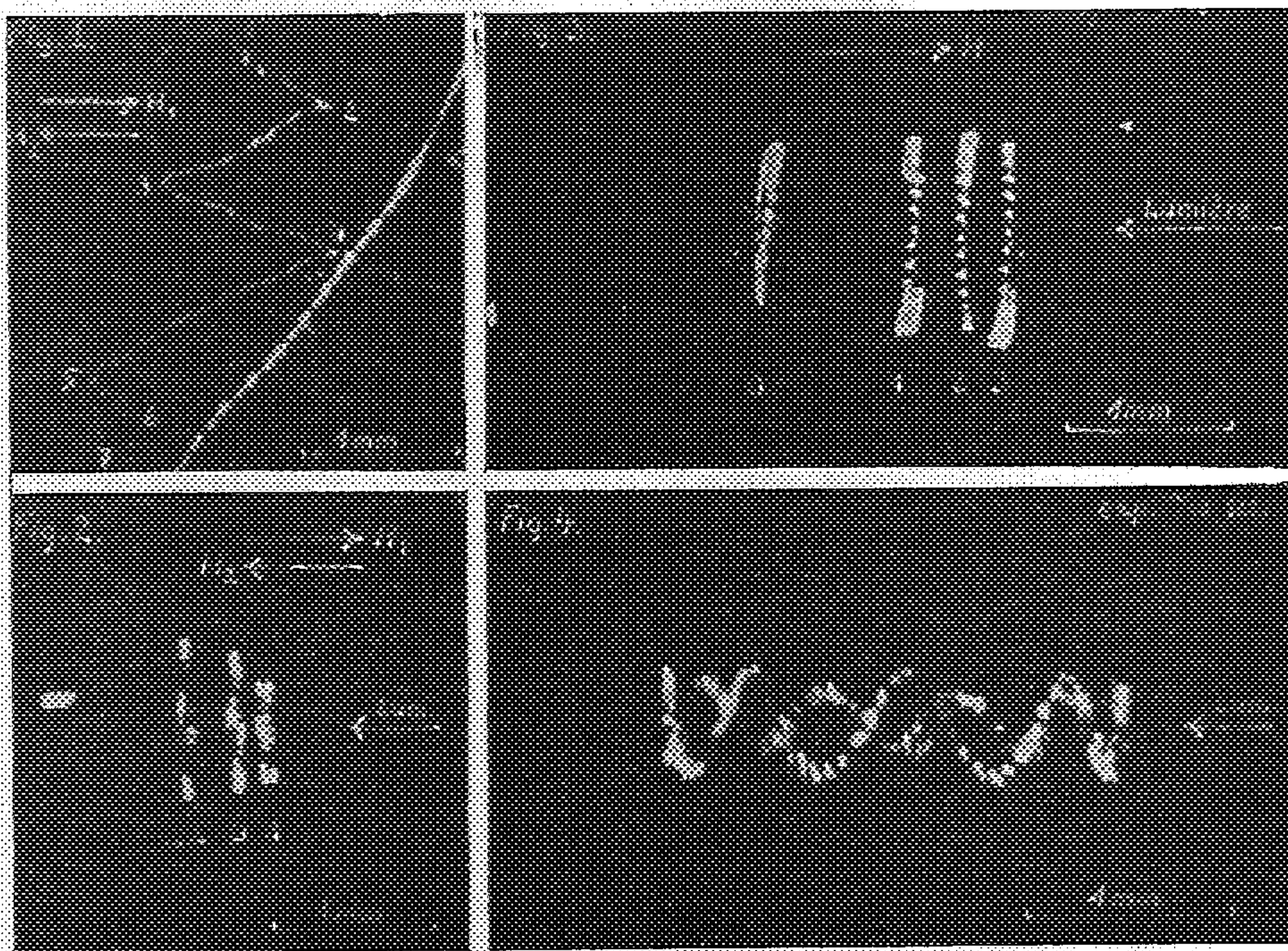
OPTIQUE. — *De la photophorèse et d'un effet de la lumière solaire provoquant une rotation de la matière dans le vide; influence d'un champ magnétique uniforme.* Note (*) de MM. **Félix Ehrenhaft** et **Kurt V. Desoyer**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. A l'aide du dispositif déjà décrit ([1]) combiné avec deux bobines d'Helmholtz permettant d'obtenir un champ magnétique uniforme, il est désormais possible d'observer le phénomène de la magnétophotophorèse à l'échelle macroscopique, c'est-à-dire à l'œil nu. La figure 1 montre la trajectoire d'une particule de fer visible à l'œil nu, en chute libre, le champ magnétique terrestre étant compensé : un champ magnétique uniforme parallèle au rayon lumineux donne à cette particule un mouvement dont la composante horizontale s'inverse régulièrement avec le sens du champ. Pour l'une des photographies exécutées le champ fut inversé cinq fois. Lorsque le champ avait la direction H_1(N-S) la particule se déplaçait de 1 vers 2, de 3 vers 4, de 5 vers 6; lorsque le champ avait la direction H_2(S-N), la particule se déplaçait de 2 vers 3, de 4 vers 5,

(*) Séance du 20 mars 1950.

([1]) F. Ehrenhaft et E. Reeger, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1708.

de 6 vers 7. En somme elle se comportait exactement comme un pôle magnétique nord. Ce phénomène n'est en rien une propriété exclusive des corps ferro-magnétiques, mais s'observe encore avec plus ou moins d'intensité sur le Cu, l'Al, le Zn, le Bi, l'Ag, le graphite, etc. Cependant pour chacun de ces corps, même pour les ferromagnétiques, on observe des particules qui ne sont pas influencées par le champ magnétique, et ne possèdent par conséquent pas d'excès de magnétisme Nord ou Sud.



II. On peut aussi, pour les particules qui décrivent des trajectoires circulaires immobiles, au moyen d'un champ magnétique uniforme parallèle au rayon lumineux, déplacer ces trajectoires, phénomène qui s'inverse régulièrement avec la direction du champ magnétique, ce que montre la figure 2 : 0. emplacement de la trajectoire circulaire en l'absence de champ; 1. dans un champ magnétique de 80 gauss, ayant la direction H_1; 2. dans un champ magnétique identique et de direction H_2.

De nouveau, on observe que les particules animées d'un mouvement circulaire se comportent pour une part, comme magnétiques-N et pour l'autre, comme magnétiques-S. La grandeur du déplacement dépend de l'intensité du champ (*cf. fig.* 3) : 0. emplacement de la trajectoire en l'absence de champ; 1. dans un champ magnétique de 28 gauss; 2. 49 gauss; 3. 81 gauss. Après avoir inversé le champ magnétique, on observe des déplacements symétriques dans la direction opposée. Lorsque au moyen du champ magnétique on déplace

les trajectoires, leur diamètre, le plus souvent, augmente en s'approchant de la zone focale, diminue quand on s'en éloigne, ce que montre également la figure 2. Aux variations de diamètre sont liées régulièrement des variations de fréquence du mouvement circulaire telles qu'à un plus grand diamètre corresponde une plus petite fréquence et *vice versa.*

III. Outre les trajectoires circulaires stationnaires déjà mentionnées, on peut observer encore d'autres formes de trajectoires stationnaires. Indiquons l'une des plus fréquentes (*fig.* 4). La particule se déplace périodiquement dans le sens de la lumière et en sens contraire en oscillant entre deux positions, mouvement au cours duquel elle décrit dans une direction avec une fréquence élevée une hélice de faible diamètre, dans l'autre avec une faible fréquence une hélice de grand diamètre. De même que les trajectoires circulaires ces trajectoires, elles aussi peuvent être déplacées dans le sens de la lumière ou en sens contraire à l'aide d'un champ magnétique uniforme; elles se comportent donc comme magnétiques N ou S. L'action du champ magnétique se traduit dans ce cas par une augmentation ou une diminution du pas de la trajectoire, suivant la direction du champ.

De tout cela il résulte que l'emplacement et le diamètre de la trajectoire, la fréquence du mouvement et du mouvement hélicoïdal le long de la trajectoire sont influencés d'une façon sensible et régulière par l'adjonction d'un champ magnétique uniforme. On a pu également obtenir de bons résultats avec une lampe à arc, en utilisant un système de lentilles approprié. L'influence d'un champ magnétique uniforme sur les mouvements décrits ici, nous semble d'une interprétation facile si l'on admet que chaque particule porte une charge magnétique N ou S, hypothèse que nous avons déjà suggérée (²) pour expliquer plusieurs phénomènes qui ont fait l'objet de nos précédentes publications. Mlle E. F. Scheu et M. Ernst Reeger nous ont assistés au cours de ces expériences.

Remarques de M. Aimé Cotton *sur la Note de MM.* Ehrenhaft *et* Kurt V. Desoyer.

Cette Note que M. Ehrenhaft m'avait envoyée en novembre en même temps que celle d'Ehrenhaft et Reeger publiée dans le numéro du 6 mars, p. 938, complète cette dernière : il est question maintenant d'expériences de magnéto-photophorèse.

J'ajouterai d'abord les valeurs des pressions utilisées pour les expériences se rapportant aux figures 1, 2 et 3 de la Note actuelle, valeurs que M. Ehrenhaft a bien voulu préciser sur ma demande. Les figures 1, 2 et 3 se rapportent

(²) F. Ehrenhaft, *Journ. Frankl. Inst.*, 233, n° 3, Mars 1942; F. Ehrenhaft, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 926.

respectivement aux pressions 10, 9 et 5^{mm} de mercure. Il ne s'agit plus, on le voit, de vides très poussés comme ceux employés pour les figures 1 et 2 de la Note du 6 mars.

Cette fois encore, les faits observés, même en ce qui concerne l'action d'un champ magnétique, sont bien d'accord, aux pressions supérieures à 1^{mm} de mercure, dans les expériences faites à Vienne et dans celles de M. Tauzin à Vonges. Mais l'accord n'existe plus pour les phénomènes aux basses pressions. M. Tauzin maintient en effet ce qu'il écrivait dans sa Note [1] : « Vers 5.10^{-1} mm de mercure environ, s'évanouissent les effets causés par le champ magnétique ».

D'autre part, MM. Ehrenhaft et Desoyer estiment que les phénomènes observés dans les vides même poussés ne sont pas une propriété exclusive des corps ferromagnétiques. M. Tauzin incline à penser le contraire, car des analyses faites sur diverses poudres (en particulier le graphite, le manganèse et le chrome) lui ont montré que les particules de ces poudres contiennent toujours un peu de fer. Il a aussi constaté que les mêmes particules étaient attirées par les pôles d'un électro-aimant, ce qui, pour le carbone tout au moins, est assez anormal, puisque ce dernier corps est diamagnétique.

Tous les observateurs sont d'accord pour signaler que dans un faisceau lumineux non homogène et en présence d'un champ magnétique, il y a des particules qui semblent rester insensibles au champ magnétique; ceci indique que tous ces phénomènes ne manifestent pas une propriété générale de la matière.

OPTIQUE. — *Diffusion moléculaire de la lumière : Étude de la diffusion Rayleigh dans les solutions étendues d'électrolytes*. Note (*) de M. **Robert Lochet**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. Malgré la dissociation ionique des sels en solution, on peut calculer l'intensité de la lumière diffusée par les fluctuations de concentration, à partir de la théorie thermodynamique d'Einstein [1] relative aux mélanges binaires : dans un volume élémentaire, les fluctuations de concentration qui amèneraient un excès d'ions de même signe, donc un excès de charges positives ou négatives, sont en effet peu probables, et du point de vue des fluctuations de la constante diélectrique tout se passe comme si les ions d'une même molécule se déplaçaient en bloc [2].

---

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 77.

(*) Séance du 3 mai 1950.

[1] Voir la mise au point de Y. Rocard, *Journal de Physique*, **4**, 1933, p. 165.

[2] J. J. Hermans, *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, **68**, 1949, p. 859.

Si on se limite à l'étude des solutions étendues et si l'on suppose que la différence $R - R_0$ des constantes de Lord Rayleigh de la solution et du solvant est due uniquement aux fluctuations de concentration du soluté, on peut écrire (³)

$$R - R_0 = \frac{2\pi^2}{\lambda^4 N}\left(\frac{\mu - \mu_0}{c}\right)^2 \mu_0^2 \frac{c}{\frac{\partial}{\partial c}\left(\frac{P}{R_1 T}\right)} = H \frac{c}{\frac{\partial}{\partial c}\left(\frac{P}{R_1 T}\right)}.$$

(μ, μ_0, indices de la solution et du solvant; N, nombre d'Avogadro; R_1, constante moléculaire des gaz parfaits; P pression osmotique de la solution) où H est indépendant de c dans un large domaine de concentration.

Dans le cas des solutions aqueuses d'électrolytes, si nous posons $P = P_0 f$ [$P_0 = R_1 T(\nu/M)c$, pression osmotique idéale pour une solution étendue complètement dissociée; ν, nombre d'ions; M, masse moléculaire; f, coefficient osmotique qui varie avec c et qu'on peut obtenir expérimentalement par le rapport des abaissements des points de congélation observés et théoriques] il vient

$$R - R_0 = H \frac{M}{\nu} \frac{c}{f + c\frac{\partial f}{\partial c}},$$

où la masse moléculaire M du soluté est liée à la différence $R - R_0$ des constantes de Lord Rayleigh de la solution et du solvant.

Si f restait constamment égal à 1, le rapport $(R - R_0)/cH$ serait indépendant de c et égal à M/ν; dans le cas général, la courbe qui représente les variations avec c de $cH/(R - R_0)$ n'est sensiblement rectiligne qu'aux faibles concentrations, et son ordonnée à l'origine est égale à ν/M (⁴).

II. Les mesures (⁵) en lumière incidente naturelle et polarisée de R et de R_0 ont prouvé que l'augmentation de l'intensité diffusée quand on passe de l'eau à des solutions étendues ne renfermant que des ions isotropes (métaux, NH_4^+, halogènes, SO_4^{--}) est due à une diffusion complètement polarisée. Comme l'indice et la compressibilité des solutions varient en sens inverse, la diffusion due aux fluctuations de densité varie peu quand on passe de l'eau à des solutions étendues et nous pouvons admettre que pour des concentrations inférieures à 0,1, la différence des valeurs expérimentales $R - R_0$ est due uniquement aux fluctuations de concentration du soluté. Dans le cas des solutions renfermant des ions anisotropes (NO_3^-) les mesures en lumière incidente naturelle et polarisée permettent d'évaluer séparément la diffusion polarisée due aux fluctuations

(³) P. DEBYE, *Journal of phys. and coll. chemistry*, 51, 1945, p. 18.

(⁴) Dans les solutions diluées de macromolécules, où très sensiblement $P/R_1T = (c/M) + Bc^2$, B étant constant, on vérifie que $cH/(R - R_0)$ varie linéairement avec c. (P. DOTY, *J. Chem. Phys.*, 44, 1947, p. 52.)

(⁵) R. LOCHET, *Bull. Soc. franç. de Physique*, 10, 1949, p. 305.

de concentration et celle dépolarisée due aux fluctuations d'orientation des ions anisotropes.

III. Seize électrolytes ont été étudiés. Pour deux d'entre eux, des diffusions anormalement élevées ont été observées; il s'agit de CdI_2, où la formation d'ions complexes CdI_4^{--} diminue le nombre d'ions, et de $Al_2(SO_4)_3$ qui subit l'hydrolyse et dont les solutions contiennent de l'alumine colloïdale. Pour tous les autres sels étudiés, l'extrapolation graphique pour $c = 0$ de la quantité expérimentale $cH/(R - R_0)$ conduit à une valeur de ν/M en excellent accord avec les valeurs admises pour la masse moléculaire M et le nombre d'ions ν par molécule.

Les résultats sont particulièrement nets avec les solutions renfermant de gros ions (bromure et iodure de baryum et d'ammonium) pour lesquelles l'intensité diffusée augmente linéairement et rapidement avec la concentration. Avec le nitrate de plomb, à cause de la diminution rapide de f avec c qu'indiquent les mesures de cryoscopie, la variation de $cH/(R - R_0)$ en fonction de c est loin d'être linéaire; des mesures précises sur des solutions très étendues sont nécessaires pour fixer la valeur limite ν/M; elles nous ont conduit à une valeur de M/ν égale à 126, c'est-à-dire à une unité près, au tiers de la masse moléculaire théorique 382.

Avec les halogénures de Na et de K, l'augmentation de R en fonction de c cesse d'être linéaire quand c atteint 0,1; encore ici, seules les mesures de R pour de faibles concentrations fixent la valeur extrapolée de M/2; la vérification reste satisfaisante eu égard à la précision des mesures qui diminue avec l'intensité diffusée, c'est-à-dire quand on passe de l'iodure au bromure, puis au chlorure.

SPECTROSCOPIE. — *Phénomène spectroscopique produit par l'étincelle de Tesla.* Note de M. HENRI TRICHÉ, présentée par M. Paul Pascal.

Lorsqu'on utilise une étincelle de Tesla dont l'émission est localisée au voisinage des électrodes, les spectres du sulfure de fer et du fer pur ne sont pas identiques. En particulier dans un multiplet les composantes les plus intenses sont affaiblies quand on passe du fer au sulfure.

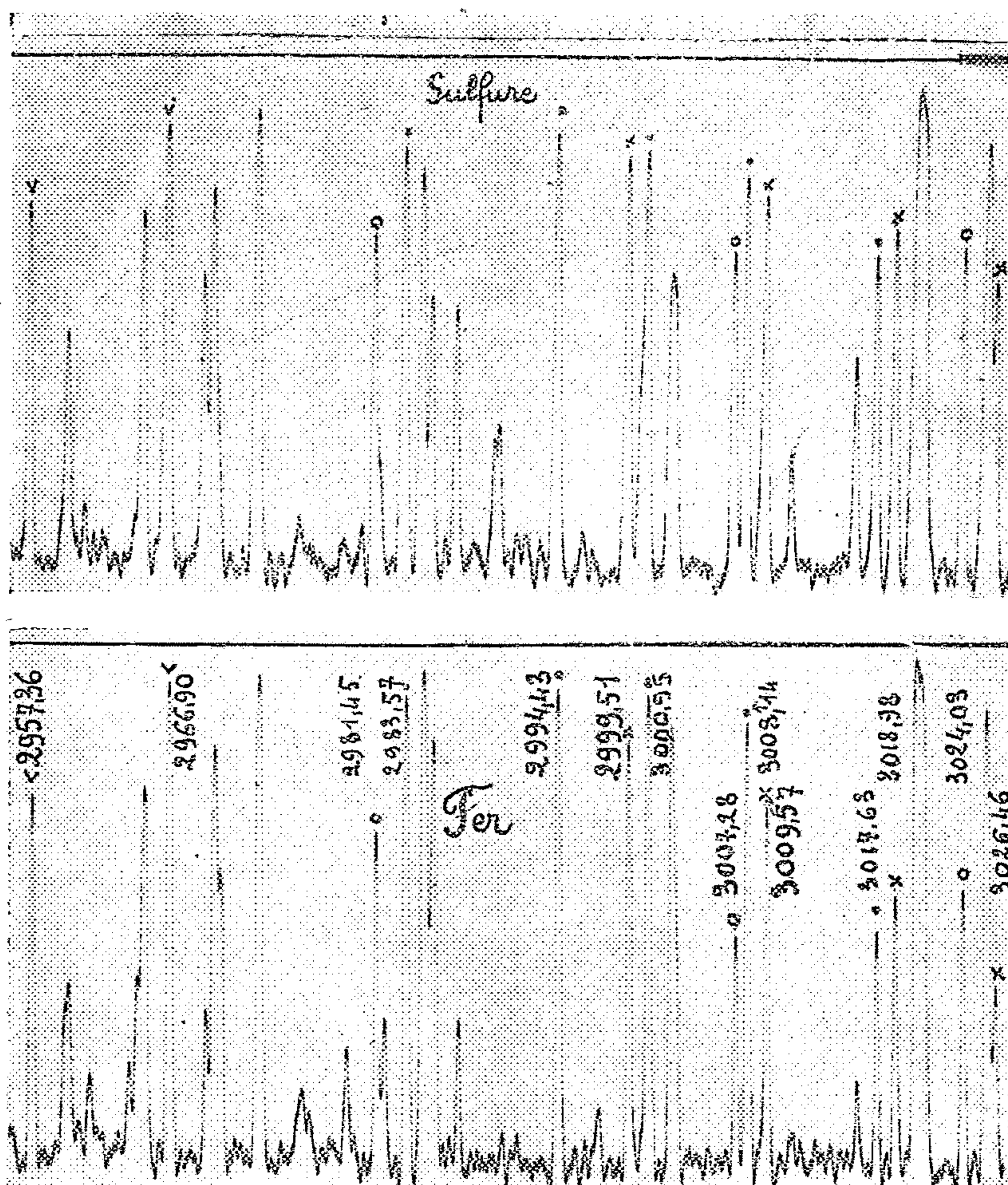
Le sulfure de fer présente une anomalie analogue à celle de la cémentite [1] lorsqu'on emploie l'étincelle de Tesla. Dans l'étincelle utilisée, l'émission est localisée au voisinage des deux électrodes.

Les spectres du fer obtenus à partir du fer pur et du sulfure de fer artificiel ont des raies n'ayant pas les mêmes intensités relatives. Le spectre du sulfure dépend en outre du mode opératoire utilisé. Si l'on fait passer l'étincelle

---

[1] *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 652.

pendant un temps assez long au même point du sulfure et si l'on enregistre alors le spectre, celui-ci se rapproche de celui du fer pur. Si, au contraire, on enregistre le spectre du sulfure en déplaçant la surface pendant la pose, ce spectre est très différent de celui du fer pur. On peut supposer qu'il y a élimination superficielle du soufre. Les enregistrements ci-joints correspondent à des spectres obtenus avec des temps de pose différents sur le même film. Voici quelques résultats.



Comparaison des spectres de Fe I *et* Fe II. — Les raies de l'atome neutre sont renforcées par rapport à celles de l'atome ionisé quand on passe du spectre du fer à celui du sulfure.

Comparaison de deux raies appartenant à deux multiplets différents. — Comparons deux raies dont les intensités varient en sens inverse lorsqu'on passe d'un spectre à l'autre ou deux raies dont le rapport des élongations est inférieur à 1 sur l'un des spectres et supérieur à 1 sur l'autre spectre.

Exemple : Fe I. Lorsqu'on passe du fer au sulfure de fer, la raie 3018,983; 15r; $a^5F_3 - x^5F_3^0$ est renforcée par rapport à la raie 3024,033; 15r; $a^5D_1 - z^3P_2^0$ et par rapport à la raie 3037,388; 80R; $a^5D_1 - y^5D_2^0$.

Comparaison de deux raies appartenant au même multiplet. — Le tableau suivant indique la modification des raies quand on passe du fer au sulfure, la comparaison étant faite entre deux raies d'une même ligne (i intensité) (²).

Multiplet.	Raies affaiblies.	i.	Raies renforcées.	i.
$a^5D - y^5D^0$........	2983,574 Å	125R	3017,628	15r
»	3008,139	60R	3017,628	15r
»	3000,950	100R	3017,628	15r
($a^3F - y^3G^0$).......	(3000,452)	(8)	(négligeable)	–
»	2994,427	100R	3017,628	15r
($a^5D - z^3P^0$).......	(2994,50)	(100R)	–	–
$a^5D - y^5F^0$........	2966,901	125R	2957,365	30R
$a^5D - z^3P^0$........	2981,446	20r	3007,284	12r
»	»	–	3024,033	15r
»	3024,033	15r	3007,284	12r
$a^5F - x^5F^0$........	2999,512	30R	3018,983	15r
»	»	–	3026,462	15
»	»	–	3031,638	15
»	3009,570	25r	3018,183	15r
»	»	–	3026,462	15
»	»	–	3031,638	15
($a^3H - w^3H^0$).......	(3009,098)	(3)	(négligeable)	–

Conclusions. — La fatigue de l'étincelle pour le sulfure est importante, elle est caractérisée ici par la variation des intensités de deux raies appartenant au même élément. La source modifie la composition de l'électrode tandis que la nature de cette électrode modifie les conditions de l'émission. En particulier il y a variation d'intensité de deux raies du même multiplet : quand on passe du fer au sulfure les composantes les plus intenses sont affaiblies par rapport aux autres.

Causes possibles de cette anomalie. — Si l'excitation est purement thermique :

1° variation du nombre d'atomes de fer par unité de volume de la colonne de décharge (de ce facteur dépendent la puissance disponible par atome et la réabsorption);

2° la température de la source, qui est affectée par la différence des potentiels d'ionisation des éléments présents. On peut y ajouter les transferts d'énergie interne dus aux chocs entre atomes ou entre atome et molécule.

Un Mémoire paraîtra dans un autre périodique.

(²) Les raies ont été classées en utilisant *A multiplet table of astrophysical interest* par Ch. E. Moore, *Princeton University Observatory*.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Pertes d'énergie des particules chargées rapides dans un milieu complètement ionisé (plasma ionique). Application au rayonnement cosmique cheminant dans l'espace interstellaire.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la formule de Bohr et celle de Bethe on remplace respectivement la fréquence de révolution de l'électron sur son orbite et le potentiel moyen d'excitation par la fréquence des oscillations du plasma et le potentiel moyen de sortie des électrons du plasma. Le rayon de Debye, qui s'introduit dans la théorie, sert également à apprécier l'effet d'écran, intervenant dans la théorie des chocs radiatifs de Bethe et Heitler. La formule de Bethe, modifiée, sert à calculer les pertes d'énergie que subissent les protons rapides dans l'espace interstellaire.

1. Lorsqu'une particule chargée traverse la matière, on doit envisager principalement deux sortes de pertes d'énergie : les pertes par collisions avec des électrons atomiques (excitation et ionisation des atomes) et des pertes par collisions radiatives.

Depuis les travaux de Bohr, on sait que les pertes de premier genre sont conditionnées par la liaison des électrons dans les atomes. Comme il résulte, en particulier des analyses de E. J. Williams (¹), aux vitesses lentes $[(ze^2/\hbar v) \gg 1]$, l'approximation de la mécanique classique est valable et les pertes d'énergie sont données par la formule de Bohr

$$\frac{dT}{dx} = \frac{4\pi N z^2 e^4}{mv^2} \log \frac{g_2 mv^3}{ze^2 \nu},$$

ν étant la fréquence de vibration de l'électron dans l'atome. Par contre, aux grandes vitesses $[(ze^2/\hbar v) \ll 1]$, on doit faire appel à la mécanique ondulatoire, avec la possibilité d'employer l'approximation de Bohr, ce qui conduit à la formule de Bethe

$$\frac{dT}{dx} = \frac{4\pi N z^2 e^4}{mv^2} \log \frac{g_1 mv^2}{I},$$

I étant un potentiel d'excitation moyen de l'atome.

2. Considérons alors un milieu très fortement ionisé dans lequel le nombre d'ions positifs et celui d'électrons sont égaux entre eux [*plasma ionique* de Langmuir (²)]. Dans un tel milieu de liaison entre les ions de signes opposés étant plus lâche que celle qui existe à l'intérieur des atomes, les pertes d'énergie éprouvées par les particules chargées seront plus grandes que dans un milieu composé d'atomes neutres, car l'action coulombienne s'y étend aux distances plus considérables. Dans le plasma ionique, la valeur moyenne dans le temps du potentiel électrique au voisinage d'un ion est donnée par la

(¹) *Rev. Modern. Physics*, 17, 1945, p. 217.
(²) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, Washington, 14, 1928, p. 627.

même formule que celle qui intervient dans la théorie des électrolytes de Milner (3) et Debye (4), à savoir $V = \exp(-r/D)/r$, où D, le rayon de Debye est défini comme suit : $D = (KT/8\pi ne^2)^{1/2}$.

Les oscillations des ions à l'intérieur du plasma se font d'ailleurs selon les lois de l'oscillateur harmonique avec une fréquence caractéristique $\nu_p = (e^2 n/m\pi)^{1/2}$.

Pour calculer les pertes d'énergie que subit une particule chargée traversant le plasma ionique, avec une vitesse supérieure à celle d'agitation thermique des électrons du plasma, nous devons, d'après ce qui précède, employer la formule de Bohr, pour les vitesses lentes $[(ze^2/\hbar v) \gg 1]$, en y remplaçant la fréquence ν par la fréquence caractéristique du plasma ν_p, et la formule de Bethe, pour les vitesses grandes $[(ze^2/\hbar v) \ll 1]$, en y remplaçant le potentiel d'excitation moyen I, par l'énergie de sortie du plasma d'un électron, égale à $e^2/3D$.

3. La théorie des chocs radiatifs (5) conduit à une section efficace, fonction logarithmique de l'énergie, qui, par suite de l'effet d'écran, devient indépendante de l'énergie à partir des énergies supérieures à $(a/\lambda_0)mc^2$, a étant le rayon de l'atome Thomas-Fermi et $\lambda_0 = \hbar/mv$.

Comme on tient compte de l'effet d'écran, en introduisant une fonction exponentielle du même type que celle qui décrit le potentiel ionique à l'intérieur du plasma, les conséquences précitées de la théorie restent valables pour le plasma, à condition de remplacer le rayon atomique a par la grandeur 3 D.

4. Nous avons calculé les pertes d'énergie, subies par les protons rapides dans l'espace interstellaire, en assimilant ce dernier au plasma ionique, contenant (6) un proton et un électron par centimètre cube ($D \simeq 700^{cm}$). Nous avons utilisé les formules de Bethe avec les corrections relativistes et en y remplaçant le potentiel moyen d'excitation atomique I par le potentiel du plasma $e^2/3D$. Les pertes d'énergie sont rapportées à 1 g/cm² de matière interstellaire traversée.

$\beta = \frac{v}{c}$	0,1.	0,3.	0,7.	0,9.	0,995.	0,9995.	0,99995.
E(eV).......	$4,68.10^6$	$4,52.10^7$	$3,72.10^8$	$1,21.10^9$	$8,42.10^9$	3.10^{10}	$9,3.10^{10}$
$\frac{dE}{dx}$	70.10^8	5.10^8	$1,1.10^8$	$0,7.10^8$	$0,7.10^8$	$0,9.10^8$	$1,1.10^8$

Ces pertes sont de beaucoup supérieures à celles admises par Fermi (7) dans sa théorie de l'origine du rayonnement cosmique et rendent cette dernière

(3) *Phil. Mag.*, 23, 1912, p. 551 ; 25, 1913, p. 742 ; 35, 1918, p. 214 et 352.

(4) P. Debye et E. Hückel, *Phys. Z.*, 24, 1923, p. 185.

(5) H. A. Bethe et W. Heitler, *Proc. Roy. Soc.*, 146 A, 1934, p. 83.

(6) H. Mineur, *L'espace interstellaire*. Paris.

(7) *Phys. Rev.*, 1949, 75, p. 1169.

difficilement acceptable sous sa forme actuelle. Les considérations, développées ici, doivent d'ailleurs trouver des applications à l'étude des phénomènes qui se passent dans les atmosphères stellaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés électriques de couches minces de germanium.* Note de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous communiquons dans cette Note les résultats d'expériences sur les couches minces de germanium qui mettent en évidence des propriétés nouvelles de ce métal, propriétés qui ne pouvaient être observées sur le germanium sous forme de cristal massif.

Les couches ont été préparées par vaporisation du germanium dans le vide sur des supports pouvant être eux-mêmes portés à une température déterminée au cours de la vaporisation. Le germanium était chauffé dans un creuset en corindon aggloméré à 1400° C.

Des couches de germanium très minces ont déjà été préparées par König (1) et leurs textures étudiées par diffraction d'électrons et au microscope électronique. Il a constaté que la couche vaporisée sur un support à la température ordinaire présentait un état amorphe, aucune cristallisation n'est visible au microscope électronique et les anneaux de diffraction d'électrons sont très diffus. En chauffant cette même couche entre 450° et 500° C, elle prend un état cristallin visible au microscope électronique et les anneaux de diffraction sont nets et intenses. On peut obtenir une couche cristallisée à une température inférieure, entre 350° et 400° C, si le support est chauffé au cours de la vaporisation.

Mesures de conductibilité des couches de germanium. — Les couches étaient vaporisées sur des plaquettes de quartz montées sur un petit four qui en permettait le chauffage. Les contacts étaient pris sur des bandes d'or distillé sur le quartz.

La couche déposée sur un support à température déterminée est laissée sous vide le temps nécessaire pour qu'elle revienne à la température ambiante, puis elle est sortie de l'appareil et sa résistance mesurée à la température ordinaire.

On trouve que si le support au cours de la vaporisation a été porté à une température supérieure à 370° C, les résultats sont cohérents, la résistivité est toujours petite, de l'ordre de $0{,}025\,\Omega.\mathrm{cm}^{-1}$. Si la température du support pendant la vaporisation reste en dessous de 370° C, la résistivité à la température ambiante croît rapidement et les résultats sont difficiles à reproduire quantitativement; enfin si la température du support pendant la vaporisation descend en dessous de 270° C, la résistivité est très grande, de l'ordre de $10^5\,\Omega.\mathrm{cm}^{-1}$.

La même expérience faite sur une couche vaporisée sur support froid puis chauffée après vaporisation donne le même résultat, mais la transformation a lieu alors un peu en dessous de 400° C. Divers auteurs ont signalé que la

(1) *Reichsber. f. Physik*, avril 1944.

résistivité des couches minces devenait nulle lorsque l'épaisseur descend en dessous d'une certaine valeur. Les phénomènes signalés ici sont de nature très différente, puisque les couches préparées sont épaisses, de l'ordre du micron.

Mesure de l'effet de redressement. — König avait signalé dans le même travail (*loc. cit.*) que le germanium en couche ne présentait pas d'effet de redressement. En préparant des couches suffisamment épaisses, de l'ordre du micron, nous avons pu mettre en évidence un effet redresseur.

Les propriétés de redressement se présentent d'une façon très différente suivant que la couche est amorphe ou cristallisée. Dans ces expériences, la couche était vaporisée sur une plaquette de molybdène et les contacts pris entre cette plaquette et une petite pointe appuyée sur la couche de germanium, suivant la technique habituelle des redresseurs à cristaux.

D'une façon générale, les couches amorphes de grande résistance ohmique (de l'ordre du mégohm) fournissent une relativement grande tension redressée en circuit ouvert et un très faible courant redressé de court-circuit.

Inversement, les couches cristallisées de faible résistance ohmique (quelques dizaines d'ohms) fournissent une très faible tension redressée en circuit ouvert et un fort courant de court-circuit.

On obtient des résultats s'approchant davantage des normes usuelles d'utilisation des redresseurs en préparant des couches complexes constituées d'une couche épaisse (quelques microns) cristallisée et d'une couche mince amorphe, l'une et l'autre de germanium.

Pour fixer les idées nous indiquons, ci-dessous, les courants redressés de court-circuit et les tensions redressées en circuit ouvert pour les trois types de couches que nous venons de décrire; dans la dernière colonne à droite, figurent les mêmes données pour un cristal de germanium pur. La tension appliquée était de 0,4 V.

	Couche amorphe. (Redressés).		Couche cristallisée. (Redressés).		Couche complexe. (Redressés).		Cristal Ge. (Redressés).	
V_{eff} (V).	V (volts).	i (μA).	V (volts).	i (μA).	V (volts).	i (μA).	V (volts).	i (μA).
0,4.......	0,023	0,006	0,0095	320	0,070	975	0,200	178

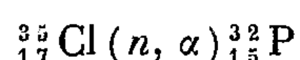
Nos observations confirment donc bien celles de Kœnig, mettant en outre en évidence une variation considérable du coefficient de résistivité lors du passage de l'état amorphe à l'état cristallisé. Un léger effet redresseur peut être observé sur des couches de germanium vaporisées, effet qui peut être sensiblement amplifié par l'utilisation de couches complexes.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Valences du radiophosphore extrait de chlorures alcalins irradiés par des neutrons.* Note (*) de MM. **Roger Caillat** et **Pierre Süe**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le radiophosphore formé dans les chlorures de Li, Na, K, par la réaction $^{35}_{17}Cl\,(n, \alpha)^{32}_{15}P$ est réparti à peu près également entre les valences 5 et < 5. La présence d'eau dans les chlorures élève la proportion de P^{5+}.

Le radiophosphore semble se distinguer du radiosoufre, formé également dans ces cristaux, plusieurs auteurs l'ayant trouvé uniquement à la valence S^{6+}.

Nous avons étudié la valence de l'isotope du radiophosphore extrait de LiCl, NaCl et KCl, produit par la réaction



$$^{35}_{17}Cl\,(n, \alpha)^{32}_{15}P$$

à la pile de Chatillon. L'irradiation crée des centres F et ces chlorures, en monocristaux ou à l'état de masse fondue, sont fortement colorés par l'irradiation.

Après dissolution des chlorures dans l'eau, on ajoute du phosphate et de l'hypophosphite de sodium qui servent d'entraîneurs.

Sur une partie de la solution, le radiophosphore P^{5+} est extrait sous forme de phosphate ammoniacomagnésien. Après isolement du précipité le filtrat est additionné d'une nouvelle quantité de phosphate de sodium. Le phosphate ammoniacomagnésien précipité à nouveau n'est plus actif, ce qui montre que le premier entraînement du P^{5+} a été complet.

Le second filtrat est alors oxydé par de l'eau de brome et la précipitation est renouvelée. L'activité entraînée correspond alors au radiophosphore se trouvant en solution à une valence < 5.

Une autre partie de la solution primitive du chlorure, directement oxydée par l'eau de brome, donne le phosphore total.

Le tableau ci-dessous, des valeurs expérimentales obtenues, montre que les atomes de radiophosphore à la valence 5 ou < 5 sont à peu près en quantités égales.

Cible.	Couleur.	P^{5+} (%).	Deuxième entraînement (contrôle).	$P^{<5+}$ (%).	Somme $P^{5+}+P^{<5+}$.
LiCl fondu sous vide	gris vert	54	–	44	98
		49	–	42,6	91,6
NaCl monocristal par voie ignée	brun rouge	42,5	–	64	106,5
		40,4	–	54,6	95
		41,6	–	60,2	101,8
KCl fondu à 900°	bleu violet	51,5	0,1	50,4	102,0
		52,1	0,0	51,3	103,4
		44,7	0,3	50,7	95,7

(*) Séance du 3 mai 1950.

Il importe de remarquer avec Koski [1] que les traces d'eau, dont la présence dans le cristal igné ou le sel fondu est éventuellement possible, peuvent intervenir dans le rapport des valences. En effet, nous avons observé que l'irradiation d'une solution saturée de NaCl ou de KCl, conduit uniquement à P^{5+}. Il semble donc légitime d'admettre que le phosphore formé à une valence plus petite que 5 est oxydé en P^{5+} par l'eau irradiée. On sait d'ailleurs que H_2O irradiée contient H_2O_2.

Par contre les essais décrits plus haut montrent que le phosphore présent dans le réseau à une valence plus petite que 5, puis mis en présence d'eau dans les conditions normales lors de la destruction du réseau, condition indispensable de l'extraction, reste à une valence plus petite que 5.

Pour interpréter ces résultats, on peut proposer les hypothèses suivantes :

1° Après la réaction nucléaire, le ${}^{32}_{15}P^*$ se trouve dans le réseau à l'état d'ion P^{5+} ou $P^{<5+}$.

2° Ces ions restent engagés dans le réseau de chlorure, localement déformé, ainsi qu'une impureté stable.

3° La dissolution des chlorures libère P^{5+} ou $P^{<5+}$ qui, réagissant sur l'eau, conduisent aux acides correspondants.

4° L'eau présente dans le cristal au moment de l'irradiation, agissant comme oxydant, élève la proportion de P^{5+}.

Ces résultats différent de ceux obtenus par divers auteurs [2], [3], [4] travaillant sur le radiosoufre produit à côté du phosphore par la réaction ${}^{35}_{17}Cl(n, p){}^{35}_{16}S$. Dans ce cas le soufre est exclusivement extrait sous la forme de S^{6+}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Œstrogènes artificiels : nouvelles hydrogénations dans la série allénolique.* Note de MM. **Alain Horeau** et **Jean Jacques**, présentée par M. Marcel Delépine.

Si l'acide α.α-diméthyl β-éthylallénolique (I*a*) [1] constitue un *modèle ouvert* de l'équilénine (II) et s'il est légitime de rapprocher sa considérable activité œstrogène de son analogie structurale avec les hormones naturelles, on n'a pas manqué de faire remarquer qu'il se différencie de celles-ci par l'absence de carbone cyclique 11.

---

(1) *J. A. C. S.*, 71, 1949, p. 4042.

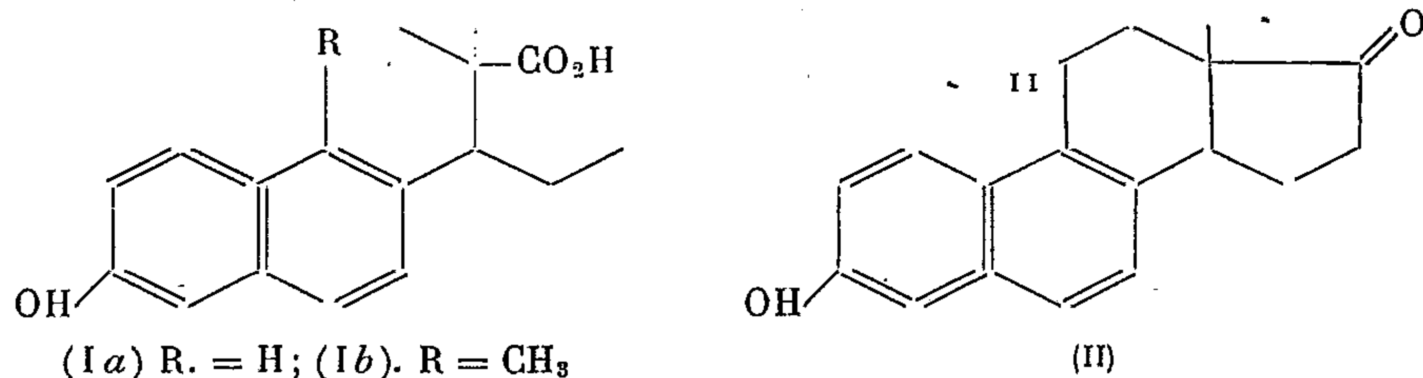
(2) Croatto et Maddock, *Nature*, 164, 1949, p. 613.

(3) Edwards et Davies, *Nucleonics*, 2, n° 6, 1948, p. 44.

(4) Croatto et Maddock, *Journ. Chem. Soc.*, supplementary issue n° 2, 1949, p. 381.

(1) Courrier, Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1410.

Dès le début de nos travaux dans cette série de composés, nous nous étions proposé la préparation de l'acide I*b*, dont la ressemblance avec les œstrogènes naturels eût été bien plus rigoureuse. La présente Note résume nos tentatives en vue d'accéder à cette substance et les difficultés inattendues que nous avons rencontrées.



(I*a*) R. = H; (I*b*). R = CH_3 (II)

Appliquant une des méthodes générales que nous avons précédemment décrite ([2]), nous partons du méthoxy-6 méthyl-1 propionyl-2 naphtalène F 70-71° (III*a*) qui, condensé selon Reformatzki avec le bromoisobutyrate d'éthyle, fournit l'acide (IV*a*), sans qu'il soit nécessaire d'isoler les produits intermédiaires. L'hydrogénation de cet acide éthylénique F 157-158°, par le platine Adams dans l'acide acétique, ne se ralentit aucunement après fixation d'une molécule d'hydrogène; si l'on arrête l'opération au volume de gaz théoriquement suffisant, on récupère essentiellement le produit initial.

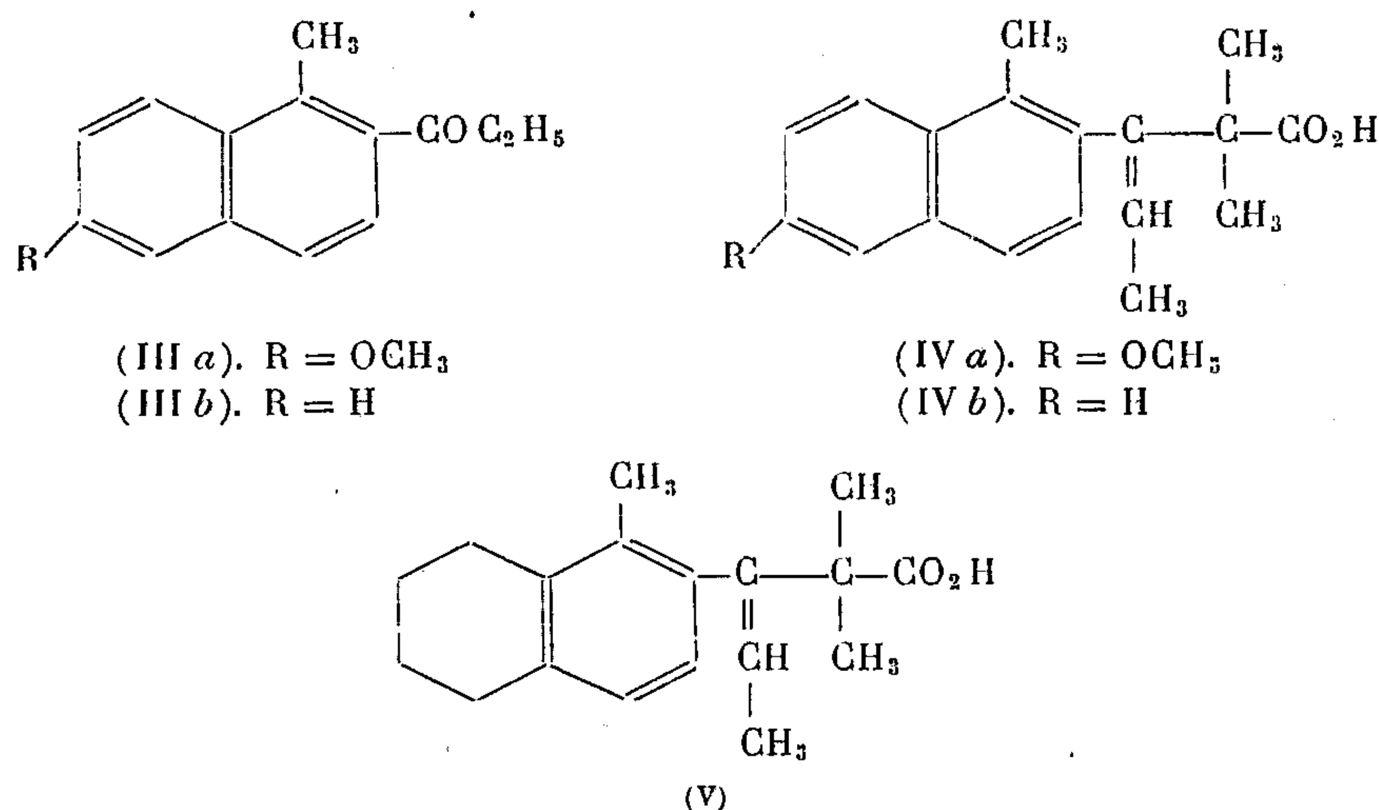
Nos recherches récentes sur l'hydrogénation de l'acide $\alpha.\alpha$-diméthyl β-allénolique (I*a*) ([3]) (ou de l'acide éthylénique qui lui donne naissance) nous ont montré que, dans les conditions où nous opérons, le noyau naphtalénique risquait d'être touché avec arrachement simultané du groupement hydroxyle (ou du méthoxyle dans le cas où l'hydroxyle est remplacé par un méthoxyle). Dans le cas de (IV*a*) nos premiers résultats nous donnaient à penser que la double liaison éthylénique présente était *au moins* aussi difficile à hydrogéner que le noyau naphtalénique lui-même.

Une seconde série d'expériences, menées cette fois avec l'acide (IV*b*) F 145-146° (dépourvu de groupement méthoxyle) préparé à partir du méthyl-1 propionyl-2 naphtalène F 60° (III*b*) selon le même procédé que (IV*a*,) nous a montré que la difficulté était plus grave encore : alors même que le noyau naphtalénique est touché, la double liaison éthylénique résiste totalement à l'hydrogénation. En effet dans les mêmes conditions que précédemment (Pt Adams en milieu acétique, température : 50°) la fixation d'hydrogène s'arrête exactement pour deux molécules de gaz pour donner un acide (F 121-122° : belles écailles incolores) dont la structure (V) a été vérifiée de la façon suivante : son ester méthylique liquide déshydrogéné par le soufre

([2]) JACQUES et HOREAU, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 711

([3]) JULIA, JACQUES et HOREAU, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 660.

à 225° fournit, après saponification, l'acide *éthylénique* initial (IV *b*) F 145-146°.



Ainsi donc la présence du méthyle en 1 confère à la double liaison éthylénique de (IV *a*) et (IV *b*) une inertie à l'hydrogénation catalytique que nous n'avons pu vaincre dans les conditions pourtant sévères où nous nous sommes placés. Pour parvenir au but que nous nous étions assigné, nous envisageons des procédés de préparation nouveaux et sur lesquels nous poursuivons nos travaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des propriétés des éthers vinyliques : addition du tétrachlorure de carbone au n-butoxyéthylène. Préparation de la β-dichloracroléine.* Note de M. et Mme **Émile Levas**, présentée par M. Marcel Delépine.

En présence de peroxyde de benzoyle, CCl_4 s'additionne au butoxyéthylène pour donner le dérivé $CCl_3-CH-CHCl-OC_4H_9$ se décomposant facilement en $CCl_2=CH-CHCl-OC_4H_9$. L'hydrolyse de ces dérivés fournit l'aldéhyde $CCl_2=CH-CHO$ inconnu jusqu'ici, et dont l'oxydation donne un mode de préparation commode de l'acide β-dichloracrylique.

Kharasch et ses collaborateurs ont montré que les peroxydes d'acyle catalysent l'addition des tri et tétrahalogénométhanes aux carbures éthyléniques (1). Poursuivant nos recherches antérieures (2), qui concernaient l'addition des phénols et des acides aux éthers vinyliques, nous étudions dans cette Note l'addition de CCl_4 au butoxyéthylène.

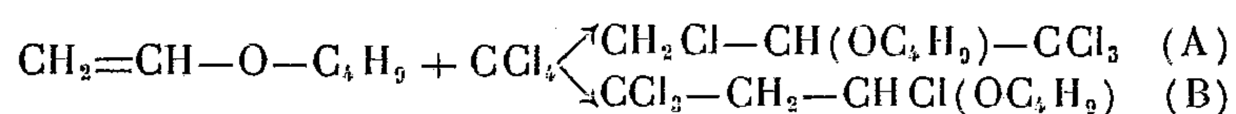
Nous avons trouvé *qu'en présence de peroxyde de benzoyle,* CCl_4 *réagit facilement avec le n-butoxyéthylène pour donner avec un bon rendement* (65 % *par*

(1) Kharasch, Jensen et Urry, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1100.
(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 100 et 1443.

rapport au butoxyéthylène) un composé d'addition équimoléculaire. Ce composé tétrachloré est peu stable : il se détruit très facilement avec perte de ClH *et production d'un dérivé éthylénique trihalogéné;* il faut, pour l'obtenir à l'état pur, le distiller sous une pression de quelques dixièmes de millimètre, bien que son point d'ébullition soit relativement bas : liquide $E_{0,23}$ 51-52°; n_D^{20} 1,4706; d_4^{20} 1,261; RM trouvé 56,24, calculé 55,64; Cl % trouvé 54,88, théorie 55,90 ([3]) pour $C_7H_{12}OCl_4$.

Pour obtenir rapidement le dérivé trichloré, il suffit de chauffer vers 130° le dérivé tétrachloré ou même directement le condensat, puis de distiller : liquide incolore, fumant à l'air, E_{11} 97-98°; $n_D^{17,5}$ 1,475; $d_4^{17,5}$ 1,217; RM calculé pour $C_7H_{11}OCl_3$: 50,29; trouvé 50,30; Cl % théorie 48,96; trouvé 48,75. Le rendement de la décomposition thermique atteint 75 % par rapport au dérivé tétrachloré.

Structure des produits obtenus. — A priori, la condensation peut mener à deux isomères A et B

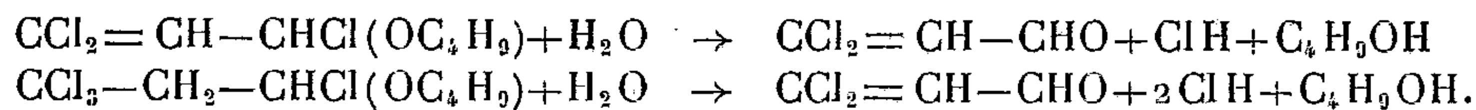


L'étude des propriétés des produits obtenus montre que le dérivé tétrachloré a la structure (B) et que le dérivé trichloré se forme à partir de ce dernier suivant le schéma



En effet :

1° L'hydrolyse des dérivés tri et tétrachloré libère respectivement 1 et 2 ClH par molécule. Le dérivé tri s'hydrolyse très rapidement à froid, comme la plupart des éthers α-halogénés; son dosage alcalimétrique doit être fait en présence d'un indicateur virant à un pH inférieur à 7 (l'hélianthine par exemple) : en effet dès que le milieu devient légèrement basique (cas du dosage en présence de phénolphtaléine), un deuxième atome de chlore entre en réaction. L'hydrolyse du dérivé tétra n'est rapide qu'à chaud.

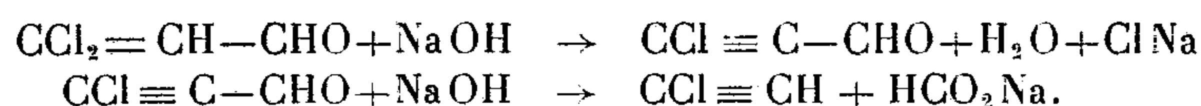


Au cours de cette hydrolyse il y a formation de β-dichloracroléine, que l'on peut isoler du mélange par l'intermédiaire de sa combinaison bisulfitique. A notre connaissance, aucune acroléine β-dihalogénée n'a encore été décrite; celle-ci est un liquide lacrymogène, E 124-125° (Cl % trouvé 56,36; calculé pour $C_3H_2Cl_2O$: 56,80); son oxydation par une suspension aqueuse de Ag_2O à

([3]) La teneur en chlore un peu faible et la réfraction moléculaire un peu trop élevée montrent que ce composé doit encore renfermer, malgré les précautions prises, un peu du produit de décomposition trichloré.

froid confirme sa structure : on obtient avec un bon rendement (89 %) un acide $C_3H_2O_2Cl_2$ (PM trouvé 143, théorie 141; Cl % trouvé 50,35, théorie 50,35) qui fut identifié à l'acide β-dichloracrylique, dont nous avons pu mettre en évidence les deux formes probablement monotropes F 76-77° et 61-62°. Cette oxydation fournit un mode de préparation commode, à partir d'un éther vinylique, de l'acide β-dichloracrylique préparé antérieurement par addition de ClH à l'acide chloropropiolique ([4]).

2° Les dérivés tri et tétrachloré et la β-dichloracroléine chauffés avec une solution diluée de soude se décomposent avec production de chloracétylène spontanément inflammable. Il y a très probablement formation intermédiaire d'aldéhyde chloropropiolique

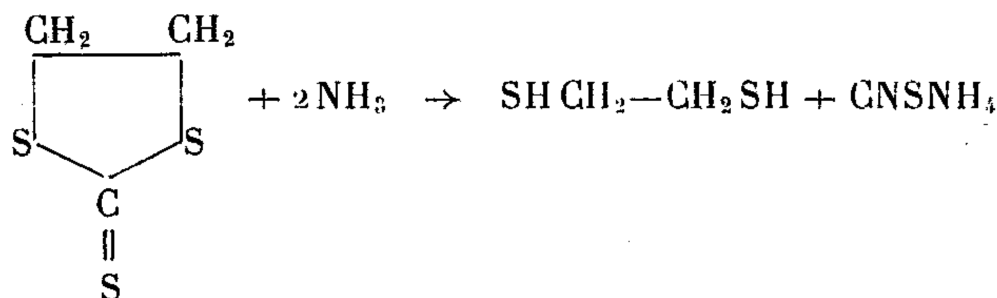


$$CCl_2{=}CH{-}CHO+NaOH \rightarrow CCl{\equiv}C{-}CHO+H_2O+ClNa$$
$$CCl{\equiv}C{-}CHO+NaOH \rightarrow CCl{\equiv}CH + HCO_2Na.$$

Nous étudions actuellement les propriétés chimiques de la dichloracroléine. Les détails expérimentaux paraîtront dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dithiocarbamates* N-*disubstitués de β-mercapto-éthyle*. Note de MM. **Raymond Delaby, Pierre Piganiol** et **Christian Warolin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Par action vers 150° du trithiocarbonate d'éthylène sur l'ammoniac en solution alcoolique, Huseman ([1]) obtint le dimercaptoéthane et du sulfocyanate d'ammonium



Nous nous sommes proposé d'étudier l'action de quelques amines secondaires sur ce composé hétérocyclique sulfuré.

I. En maintenant vers 40° durant quelques heures un mélange sensiblement équimoléculaire d'amines secondaires telles que la pipéridine, la morpholine, etc., et de trithiocarbonate d'éthylène (F = 37°), il se forme un précipité blanc envahissant la masse.

En milieu alcoolique ou acétonique, cette même réaction s'effectue plus lentement, mais elle conduit à des composés cristallisant d'emblée et qui sont susceptibles d'être purifiés par recristallisation dans l'acétone.

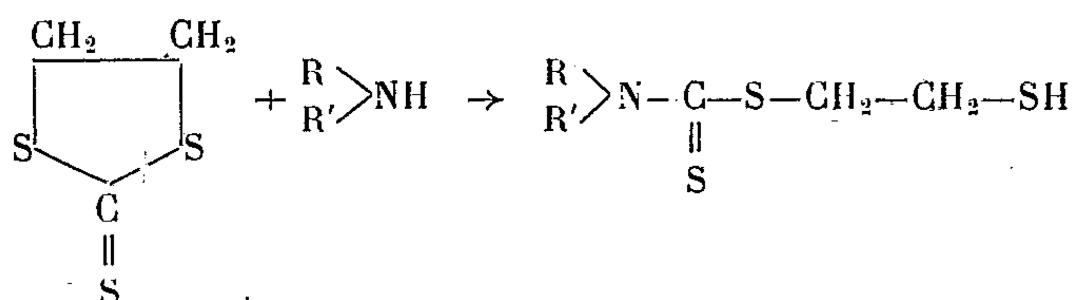
([4]) Wallach, *Annalen*, **203**, 1880, p. 84; Strauss, Kollek et Heyn, *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, **63**, 1930, p. 1877.

([1]) *Ann.*, **123**, 1862, p. 83.

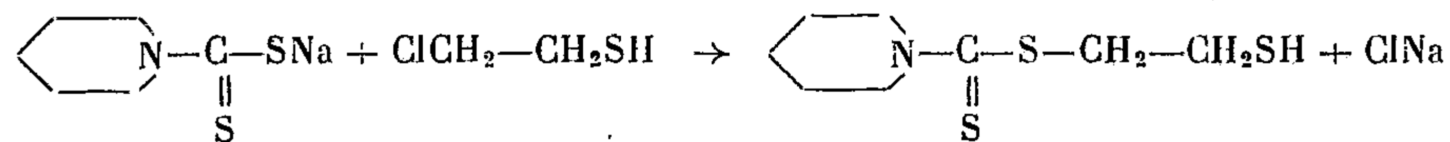
Le comportement des amines secondaires mises en œuvre est très variable. De bons rendements, environ 95 %, sont obtenus avec la diméthylamine, la pipéridine ou la morpholine. Ils sont plus faibles, de l'ordre de 30 %, avec la diéthylamine. Par contre, des amines à caractère nettement aromatique, la diphénylamine par exemple, ne se combinent pas au trithiocarbonate d'éthylène dans les conditions indiquées.

En milieu fortement alcalin, la réaction s'oriente différemment : elle conduit à des composés à points de fusion plus élevés qui seront étudiés ultérieurement.

L'analyse élémentaire des composés obtenus dans le premier cas permet de leur attribuer la formule générale $RR'N—CS—S—CH_2—CH_2SH$, de sorte qu'il y a rupture de l'hétérocycle et addition de l'amine secondaire



II. Nous avons confirmé cette structure par une autre synthèse : l'action en milieu anhydre du chloroéthanethiol (lui-même obtenu par action de l'acide chlorhydrique sur le mercaptoéthanol $HOCH_2—CH_2SH$) sur le sel de sodium des acides dithiocarbamiques N-disubstitués. C'est ainsi que le pipéridyldithiocarbamate de sodium traité par le chloroéthanethiol a donné l'esther β-mercaptoéthylique correspondant :



identique à celui obtenu par addition de la pipéridine au trithiocarbonate d'éthylène.

Cette seconde méthode de préparation des dithiocarbamates de β-mercaptoéthyle est même plus générale que la première, puisqu'elle s'applique aux dérivés portant sur l'azote des radicaux aromatiques, aussi bien que des alcoyles ou des restes d'hétérocycles.

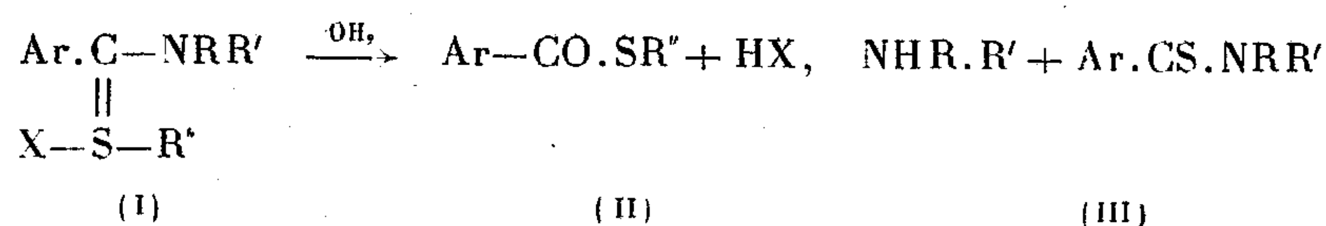
III. Les dithiocarbamates N-disubstitués de β-mercaptoéthyle sont des composés blancs cristallisés inodores, insolubles dans l'eau même à l'ébullition (ils sont d'ailleurs très difficilement mouillables) ainsi que dans l'éther et dans l'éther de pétrole. Leur solubilité dans les alcools méthylique et éthylique est faible à froid, un peu plus grande à chaud. Par contre, ils sont très solubles dans le benzène, le toluène, le chloroforme, le sulfure de carbone à froid et dans l'acétone à l'ébullition.

$\genfrac{}{}{0pt}{}{R}{R'}\!\!>N-$	F. du dithiocarbamate N-disubstitué de β-mercaptoéthyle.
$(CH_3)_2N-$	86°
$(C_2H_5)_2N-$	90
$(C_6H_5)_2N-$	139
(cycle) N—	111
O (cycle) N—	103

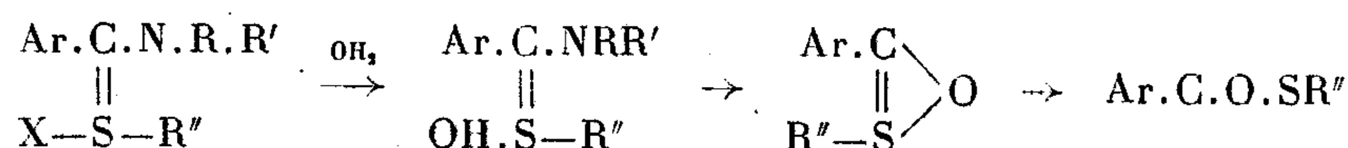
Dans une prochaine Note nous rapporterons les propriétés caractéristiques du groupe thiol terminal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des thiamides* N-*disubstitués : Nouvelle méthode de préparation d'amidines aromatiques.* Note de M. **Pierre Chabrier** et Mlle **Simone-Hélène Renard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note ([1]) précédente nous avons décrit de nouveaux *oniums* dérivés des thiamides N-disubstitués et montré que ces composés (I) s'hydrolysaient très facilement dans l'eau en conduisant avec d'excellents rendements aux thioesters (II).



Cette facilité de décomposition contraste avec la résistance considérable des thiamides générateurs (III) aux agents d'hydrolyse, acides ou alcalis même concentrés. Le mécanisme de cette réaction peut vraisemblablement s'exprimer par les réactions suivantes :



Dans cette hypothèse, on obtient transitoirement des composés instables.

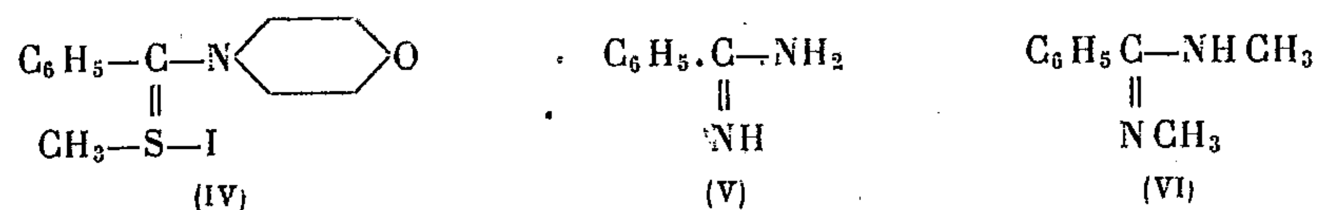
L'objet de cette Note est de signaler le cours de la réaction, lorsque cette dernière s'effectue en présence d'ammoniaque, d'amines : primaires, secondaires et tertiaires, de semi-carbazide et d'hydrazine.

Action de l'ammoniaque et des amines. — Si l'on dissout l'iodométhylate de morpholylthiobenzamide (IV) dans une solution d'ammoniaque à 21°B, il se forme rapidement un précipité huileux, qui se concrétise, puis passe en solu-

---

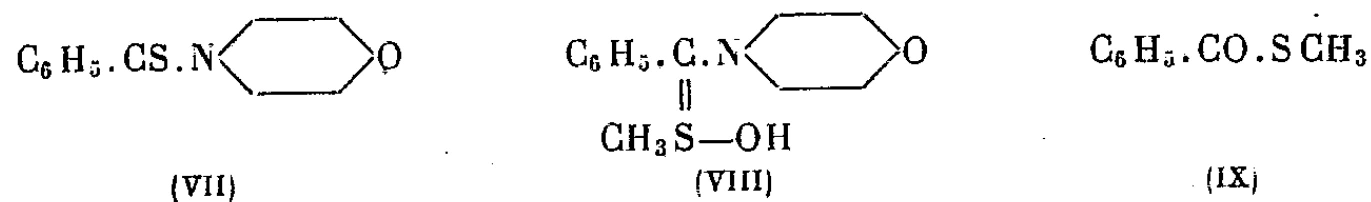
([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 850.

tion. La solution ammoniacale évaporée à siccité abandonne un résidu constitué essentiellement par la benzamidine F 80° (V) que l'on peut identifier par formation de benziodamidine (F 117°) obtenue selon Bougault et Robin [2].



Si au lieu d'opérer avec l'ammoniaque, on utilise une amine primaire, telle la méthylamine, on obtient l'amidine disubstituée (VI).

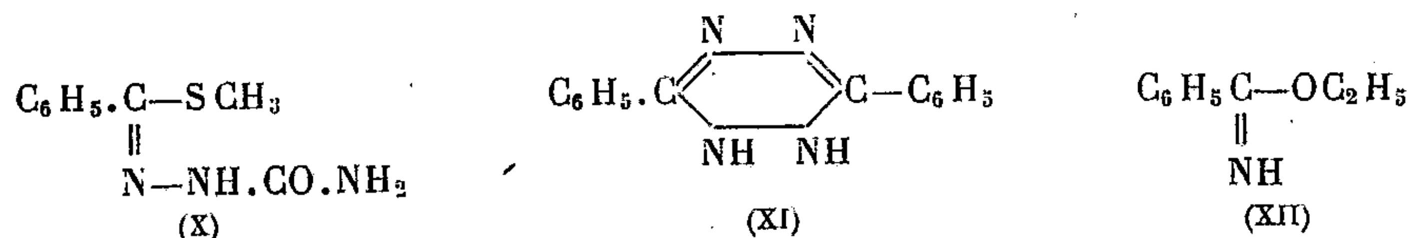
Les amines secondaires se comportent différemment, on obtient notamment le morpholylthiobenzamide (VII), ce qui montre que l'hydroxyde de sulfonium (VIII), libéré dans un premier temps, se comporte en partie comme agent de méthylation; nous avons identifié, d'autre part, dans le cas de la diéthylamine, le N-diéthylbenzamide provenant de l'action de la diéthylamine sur le thioester (IX) issu de l'hydrolyse normale du composé sulfonium.



Les amines tertiaires conduisent au thioéther (IX).

Action de la semi-carbazide et l'hydrazine. — Si l'on dissout l'iodométhylate de morpholylthiobenzamide (IV) dans une solution aqueuse renfermant un léger excès de chlorhydrate de semi-carbazide et d'acétate de sodium, on observe la formation d'un fin précipité cristallin (F 131°) auquel les résultats de l'analyse [3] conduisent à attribuer la formule (X).

L'hydrazine en excès conduit avec d'excellents rendements à la diphényl-3.6-dihydro-1.2-tétrazine-1.2.4.5 (XI) déjà obtenue par Pinner [4] en faisant agir l'hydrazine sur l'imino-éther (XII).



---

(2) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 978.

(3) Trouvé % : C 51,38; H 5,15; N 19,80; S 14,71; calculé % : C 51,41; H 5,15; N 19,99; S 15,25.

(4) *Die Imidoäther*, Berlin, 1892.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la structure de la forme rectangle des iodures de lauryl et de palmitylcholine : diphormisme de ces esters.* Note de Mlle **Cécile Stora**, présentée par M. Paul Pascal.

Les fines aiguilles rectangulaires, qui prennent naissance dans la même solution mère que les larges feuillets losangiques (¹), possèdent quatre molécules par maille élémentaire au lieu des deux habituelles à l'holoédrie triclinique. Cette anomalie rendait prévisible que les développements en séries de Patterson et de Fourier deviendraient assez inopérants pour déterminer la position des atomes légers, à cause du chevauchement des molécules. Cependant ces méthodes demeurent les seules à pouvoir nous apporter quelques indications précises sur la raison du passage de la forme losange instable à la forme rectangle stable, comme sur la raison du dimorphisme de ces esters, dimorphisme, qu'*a priori* on était tenté d'attribuer à la présence dans la molécule de l'acide gras dont on connaît la tendance au polymorphisme.

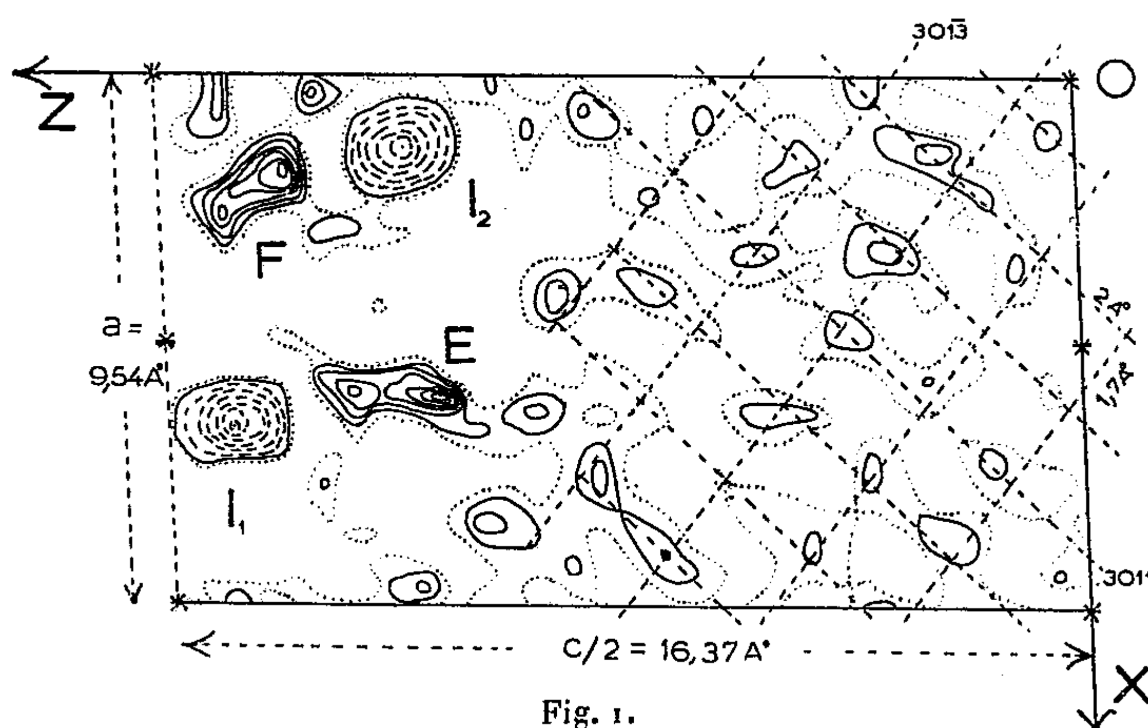


Fig. 1.

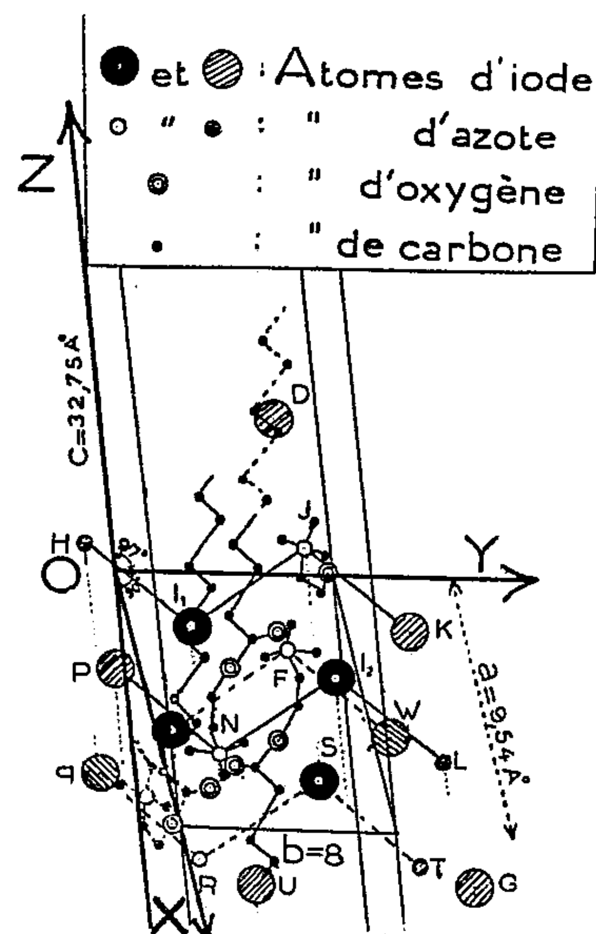


Fig. 1. — Projection de Fourier xoz de l'iodure de palmityl-choline $I.N(CH_3)_3(CH_2)_2.O_2.C.(CH_2)_{14}.CH_3$.

Fig. 2. — Structure de la forme rectangle de l'iodure de palmityl-choline.

Fig. 2.

Les projections xoz et oyz de Patterson et de Fourier du laurate et du palmitate se superposent si l'on met en coïncidence leurs axes Ox et Oy, indiquant par là que les deux cristaux ont même structure par rapport au plan xoy (grande face {001}). Leur comparaison témoigne que les coordonnées

(¹) M. Loury et C. Stora, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 262; C. Stora, *Ibid.*, 16, 1949, p. 867.

des azotes choliniques (sommets E et F de la figure 1) se déduisent de celles des iodes par une simple translation d'environ $a/2$, parallèlement à Ox. Cependant, le groupement choline qui part du niveau de I_1 (*fig.* 2) aurait sa tête dirigée vers le haut de la maille, tandis que le second, issu du niveau de I_2, aurait sa tête orientée vers le bas. Seules les projections de Patterson et de Fourier xoz fournissent une indication sur la position des chaînes de l'acide gras, par un ensemble de sommets placés aux nœuds d'un qradrillage régulier, dont les côtés sont parallèles aux directions 309 et $30\bar{1}\bar{2}$ pour le laurate, 3011 et $30\bar{1}\bar{3}$ pour le palmitate. Les projections oyz ont conduit à adopter les directions 309 et 3011 pour la projection sur le plan xoz des chaînes grasses, dont les atomes de carbone se projetteraient ainsi par paires, comme pour la forme losange, en des amas de densités distants de 2 Å. Ceci implique une inclinaison de l'axe des chaînes grasses, de 36° environ sur le plan xoz et de 33° environ sur le plan xoy.

En effectuant la mise en place des iodes et des azotes, on constate que la maille élémentaire renferme deux couches ioniques iode-azote, situées l'une au-dessus et l'autre au-dessous du plan xoy. Chaque couche d'électrovalences serait engendrée par une ligne brisée régulière HI_1JK, parallèle au plan oyz, aux sommets de laquelle un groupe $N(CH_3)_3$ succède à un iode par une translation d'environ $b/2$ et qui se translaterait elle-même d'environ $a/2$, parallèlement à Ox, mais avec inversion des iodes et des azotes, si bien qu'un azote est toujours entouré de quatre iodes et vice versa. La surface engendrée par les centres des atomes d'iode et d'azote, prend alors l'allure d'une tôle ondulée, aux rainures parallèles à Ox, larges de 8 Å et profondes de 3,27 Å. Du fond des rainures, tous les 9,54 Å, émerge une molécule de l'ester dont la chaîne grasse s'appuie sur l'arête suivante entre D et J. La seconde molécule de l'ester descend, tête cholinique vers le bas, à partir des azotes situés sur les arêtes, mais sa chaîne grasse remonte ensuite sur celle qui est issue de l'azote de la rainure suivante.

Au-dessous du plan xOy se place une couche ionique identique QRST, parallèle à la première, les iodes se faisant face, c'est-à-dire qu'à une rainure de l'une correspond une arête de l'autre et vice versa. Ainsi, les azotes placés au fond des rainures (N et F) se situent entre six iodes, tandis que ceux des arêtes (J, R) demeurent entre quatre iodes. *C'est cette tendance d'une partie des azotes à s'entourer de six iodes qui est la cause du dimorphisme de ces esters, comme aussi de l'instabilité* de la forme losange et de son passage à la forme rectangle stable. L'expérience indique que cette dernière transformation s'effectue le long de la périodicité 9,54 Å que l'on trouve simultanément, sur la grande arête de pousse des cristaux losanges, et sur la petite arête de la face des aiguilles rectangles. L'un des deux feuillets ioniques plans [1] de la forme losange se translaterait de tout l'intervalle séparant deux rangées successives iode-azote parallèles à la diagonale AD. Ces rangées iode-azote se surélève-

raient aussi de deux en deux de 3,27 Å au-dessus des autres et dans le même sens pour les deux feuillets ioniques, plaçant ainsi les azotes des rangées relativement immobiles AD entre six iodes.

Ce cas de dimorphisme relève donc d'un double mode d'arrangement ionique et non de la présence dans les molécules des chaînes d'acide gras, qui gardent à peu près la même inclinaison (33° au lieu de 25°) sur le plan xOy.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la constitution et la structure cristalline de l'alumine activée* ($\gamma - Al_2O_3$). Note de M. Robert Tertian, présentée par M. Maurice de Broglie.

La structure de l'alumine γ, obtenue par calcination des hydrates d'alumine, est assez mal connue et a donné lieu à diverses interprétations [1]. Nous avons obtenu des résultats nouveaux en examinant le comportement à la calcination de *monocristaux* d'alumine hydratée (hydrargilite). On constate, en effet, que pour des chauffages à toutes températures comprises entre la température ordinaire et 1000° C, et même au delà, les monocristaux soumis à la calcination ne sont pas disloqués mais conservent le même faciès et sensiblement les mêmes dimensions. Ce phénomène d'épigénisation est la conséquence d'un processus interne de conservation que nous avons étudié en détail à l'aide de la diffraction des rayons X et de la microscopie ordinaire et électronique.

1° Cette étude met en évidence la structure lamellaire et poreuse de l'alumine activée, ce qui présente de l'intérêt pour les applications de ce produit.

2° L'élément d'alumine calcinée qui dérive d'un monocristal d'hydrate, bien que n'étant plus un monocristal, possède cependant une *texture monocristalline* (mosaïque). Les cristaux élémentaires qui le composent, extrêmement fins (quelques centièmes de μ) ont tous la même orientation cristallographique de sorte que l'élément diffracte les rayons X à la manière d'un monocristal (*fig.* 1).

3° Les diagrammes obtenus (diagrammes de Laue et de cristal tournant) montrent que l'alumine γ, ou mieux les alumines γ (il existe au moins deux variétés bien différenciées, θ et κ) ne peuvent être rapportées à la symétrie cubique, mais sont caractérisées au contraire par une anisotropie fondamentale qui est la conséquence directe de la structure cristalline des hydrates (structure à feuillets ou à couches). L'hypothèse d'une variété cubique d'alumine semble donc devoir être abandonnée si l'on excepte le cas assez particulier de l'alumine ζ (obtenue par recristallisation d'un bain renfermant Li_2O) [2].

---

[1] M. H. Jellinek et I. Fankuchen, *Ind. Eng. Chem.*, 37, 1945, p. 158 et *Ind. Eng. Chem.*, 41, 1949, p. 2259.

[2] H. B. Barlett, *J. Amer. Ceram. Soc.*, 15, 1932, p. 361.

4° Les modifications continues qui caractérisent l'alumine activée lorsqu'on la calcine longtemps et progressivement entre 600°C et 1100°C, et notamment le perfectionnement continu des diagrammes de rayons X enregistrés suivant la méthode de Debye-Scherrer, ne semblent pas être la conséquence d'un grossissement de la taille des cristaux élémentaires, mais simplement d'un perfectionnement continu de l'arrangement atomique qui ne devient complètement déterminé qu'à température élevée, 1000 ou 1100 °C. Ce sont les atomes d'aluminium qui participent seuls à ce mouvement, car la position des atomes d'oxygène paraît fixée dès le départ.

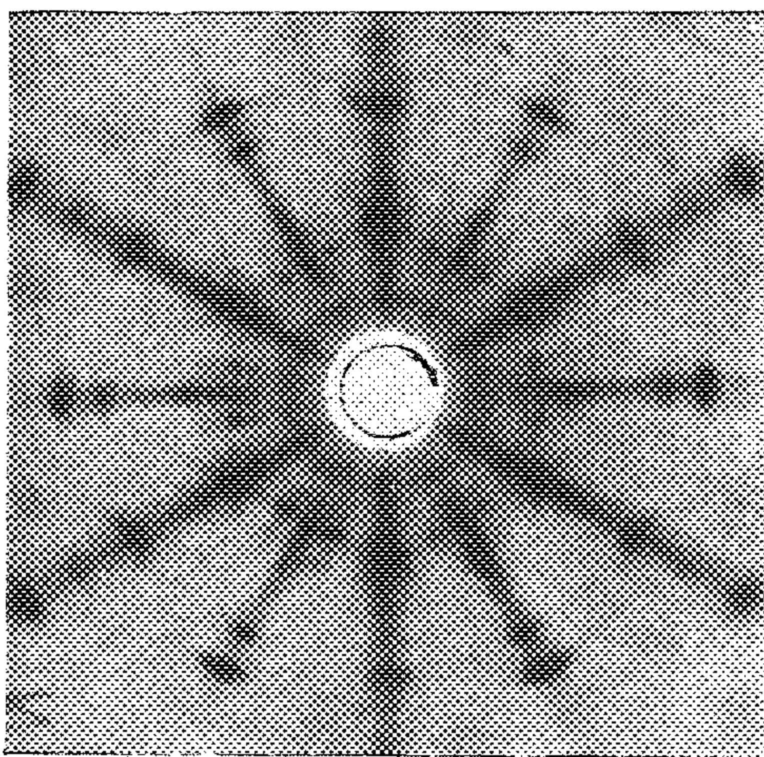


Diagramme de Laue de $\gamma - Al_2O_3$. (Mo — A = 5 cm.)

5° Les nouveaux diagrammes permettent de proposer une solution pour la structure cristalline et l'arrangement atomique approximatif de l'alumine θ qui est la forme la plus répandue d'alumine γ *bien cristallisée*. Les atomes d'aluminium auraient dans l'alumine θ le même arrangement que dans le corindon. Mais cet arrangement s'inscrit dans un réseau d'oxygène cubique à faces centrées au lieu du réseau hexagonal compact qui caractérise le corindon. La maille élémentaire de l'alumine θ est une maille hexagonale avec les paramètres

$$a = 8,40\ \text{Å} \quad \text{et} \quad c = 13,65\ \text{Å}; \quad \frac{c}{a} = 1,625.$$

Elle renferme 18 molécules Al_2O_3 et la densité calculée correspondante $\rho = 3,66$ s'accorde remarquablement avec la densité mesurée (maximum 3,65). La discussion détaillée de ce problème d'analyse cristalline sera présentée dans un autre Mémoire.

6° Le microscope électronique montre que l'alumine x a, comme l'alumine θ, une texture lamellaire et poreuse. Il est probable que sa structure cristalline

est également basée sur un réseau d'oxygène cubique à faces centrées. Nous indiquerons dans un prochain travail les résultats obtenus dans l'étude de l'alumine α et dans celle, faite à température plus élevée (1 000 à 1 500° C), de la genèse et de la constitution du corindon artificiel.

GÉOLOGIE. — *Le Jurassique supérieur et le Crétacé près de Névache* (*Briançonnais, Hautes-Alpes*). Note de M. **Marcel Lemoine**, présentée par M. Paul Fallot.

A la latitude de Briançon et plus au Nord, on peut appeler Briançonnais oriental la bande de terrains mésozoïques qui réapparaît, avec un pendage général Ouest, à l'Est de la zone houillère axiale. Si, par leurs faciès, ces terrains font toujours partie de la zone du Briançonnais, ils présentent déjà certains traits qui les éloignent de la série briançonnaise classique, plus occidentale. Ces différences sont particulièrement remarquables au Jurassique supérieur et au Crétacé, notamment dans un synclinal d'axe Nord-Sud, qui passe immédiatement à l'Est du village de Névache (1). Je décrirai ici deux coupes stratigraphiques situées, à 5^{km} de distance, dans le même flanc renversé de ce synclinal.

A. Une première série de coupes peut être faite dans les pentes au Nord-Est de Névache, au-dessus du hameau du Cros, et, plus au Nord, dans les ravins escarpés qui bordent la Combe des Thures à l'Ouest (2), (3). On peut observer là, en série renversée, de l'Ouest vers l'Est, le Trias, un Lias problématique (brèches), puis le Dogger oolithique et zoogène, enfin les différents termes du Jurassique supérieur et du Crétacé, qui sont, dans l'ordre stratigraphique :

1. Marbre noduleux et calcschistes, verts ou rosés, avec Céphalopodes indéterminables : c'est le *marbre de Guillestre*, base du Jurassique supérieur. Vers le Nord, en 2^{km}, l'épaisseur de cette formation passe de 8^{m} (au-dessus du Cros) à zéro (ravins de la Combe des Thures), le terme suivant reposant alors directement sur le Dogger. Cette disparition ne peut ici être attribuée à des effets mécaniques.

2. *Calcaires à zones siliceuses :* Localement, leur base est colorée de rose et de vert. Mais leur masse principale (40 à 50^{m}) est grise, avec zones siliceuses blanches, nombreuses et serrées, épaisses de quelques centimètres, irrégulières, parfois réduites à des alignements de silex. Çà et là les calcaires contiennent quelques Bélemnites, et *Aptychus* cf. *Didayi*. A Notre-Dame-des-Neiges, près Briançon, la même formation contient, dans sa partie inférieure, des *Calpionelles*. Il s'agit donc d'un complexe *Tithonique-Néocomien*. Ailleurs, dans le Briançonnais externe et dans la zone sud-briançonnaise (fenêtre de l'Argentière), des formations analogues ont été attribuées par M. Gignoux et L. Moret (3) au même complexe Tithonique-Néocomien.

---

(1) *Carte régulière au* 1/20 000, Névache 6 et Briançon 2.

(2) Ch. Pussenot, *La nappe du Briançonnais et le bord de la zone des schistes lustrés entre l'Arc et le Guil*, Grenoble, 1930.

(3) *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, 22, 1938-1939, p. 45-58.

3. Calcschistes noirs sans fossiles.

4. Calcschistes et calcaires en plaquettes gris, mouchetés de noir (au moins 100^m). Outre quelques très rares Bélemnites, ils contiennent une microfaune pélagique à Globigérines et Rosalines. On y reconnaît *Globotruncana Stephani* Gandolfi et *Globotruncana apennica* Rentz (déterminations J. Sigal), caractéristiques du *Cénomanien*.

Les termes 2, 3 et 4 de cette coupe sont parfaitement concordants. Ils correspondent tous trois à une série pélagique, sans que l'on puisse, en aucun point, observer l'indice d'une interruption ou d'un trouble dans cette sédimentation, comme il est classique d'en trouver ailleurs dans le Briançonnais (brèches et hards-grounds à la base du Sénonien transgressif sur le Malm). Mais, faute d'autres fossiles, on ne peut dire si tous les étages du Crétacé inférieur sont représentés ici.

B. Toujours dans le même synclinal, mais 5^{km} plus au Sud, le long de la crête qui descend à l'Est du sommet de Roche Gauthier, on peut observer, après le Dogger, la coupe suivante :

1. Schistes et marno-calcaires noirs ou gris, stériles (40^m environ). Leur partie inférieure, plus marneuse, peut être rapportée à l'*Oxfordien;* le sommet, plus calcaire, pouvant représenter des termes plus élevés du Jurassique supérieur.

2. Calcaires gris à zones siliceuses du *Tithonique-Néocomien* (40^m environ).

3. Calcschistes et calcaires en plaquettes verts (assimilables par leur faciès aux marbres en plaquettes briançonnais), débutant, sur le Néocomien, par 50^{cm} de poudingue à galets de radiolarites vertes, inconnues actuellement dans la région, et ciment pétri de foraminifères. Selon J. Sigal, ces derniers forment une association évoquant l'Éocène inférieur d'Aquitaine ou d'Afrique du Nord (absence de *Globotruncana*, présence de *Globorotalia* et de Globigérines à gros test). Quoi qu'il en soit, il s'agit en tous cas d'un terme plus élevé que le Cénomanien de Névache.

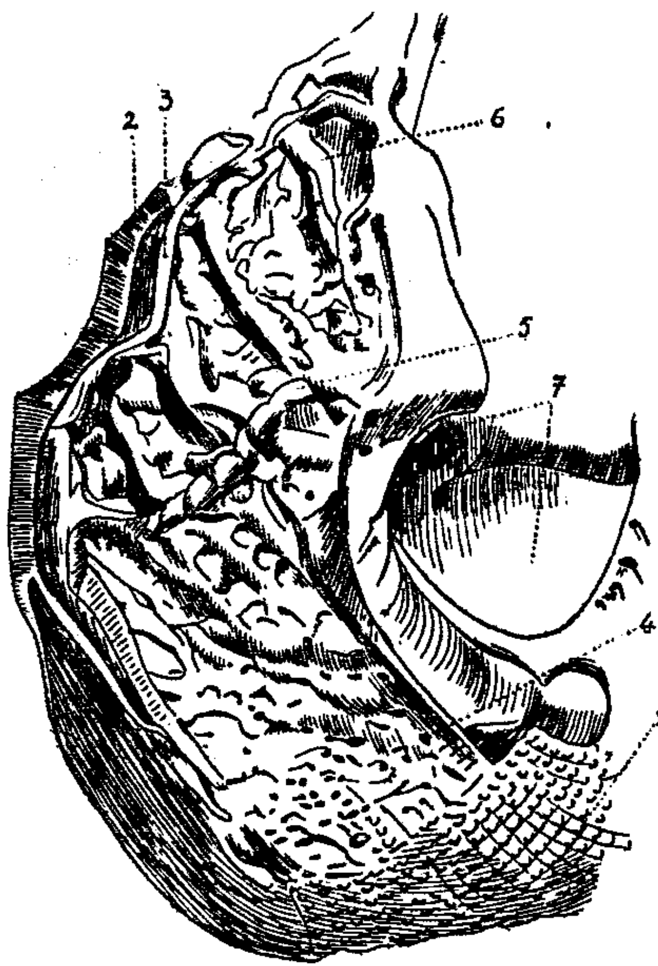
Conclusions. — 1° Dans le Briançonnais oriental, on observe, au Jurassique et au Crétacé, certaines variations par rapport à la série briançonnaise classique : apparition, localement, de marno-calcaires « oxfordiens », d'ailleurs réduits, entre Dogger et Malm; allure lenticulaire du marbre de Guillestre; constance du Tithonique-Néocomien à zones siliceuses; présence, à Névache et plus au Nord, du Cénomanien, inconnu jusqu'ici dans le Briançonnais. Tous ces caractères mettent en évidence une analogie entre ce bord oriental du Briançonnais et les écailles briançonnaises externes (occidentales), ou même la zone sud-briançonnaise.

2° Un autre trait mérite d'être souligné : les importantes différences séparant deux coupes faites à 5^{km} l'une de l'autre, dans le même flanc du même synclinal. La distance qui les sépare devait être à peu près la même lors du dépôt des couches. Une variation aussi rapide des conditions de sédimentation ne semble d'ailleurs pas être spéciale à cette partie du Briançonnais.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'organisation palléale des Bellérophontidés*. Note de M. **Henri** et M[me] **Geneviève Termier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Gastéropodes exclusivement paléozoïques, les Bellérophontidés sont caractérisés par leur coquille à tours embrassants, qui offre une *symétrie bilatérale parfaite* par rapport à une bandelette sinusaire faisant suite à une entaille du labre. Ces caractères ont permis de les rapprocher des formes actuelles à deux branchies (Pleurotomaires, Fissurelles); leur symétrie est en outre interprétée comme le signe d'une orthoneurie initiale de la Classe,

L'étude d'un important matériel, recueilli par G. Choubert dans le Strunien d'un gisement Sud-marocain, nous incite à revenir sur la question de l'organisation palléale des Bellérophontidés. Les couches de Dfeil renferment de nombreux Bellérophons dont, plusieurs, appartenant au genre dévonien *Aglaoglypta* Knight, sont conservés sous forme de moules externes. Parmi ceux-ci, l'un comprenant un flanc droit et l'ombilic ([1]), a subi une usure remarquablement progressive (*fig.* 1) et se montre tapissé par un encroûtement de



calcite noire : c'est ce spécimen qui a fait l'objet de nos observations. Dans la partie 1 se voit l'ornementation externe constituée par les granules caractéristiques du genre : on peut en conclure que le test original a été complètement dissous dans cette zone. En dirigeant le regard vers l'ouverture, on voit l'encroûtement de calcite noire masquer graduellement cette ornementation. Le bord externe du tour montre la section de la coquille elle-même, 2, épigé-

([1]) *Journ. de Conch.*, 1902, p. 117-272.

nisée par cette calcite. On peut se rendre compte du même coup de ce que l'usure de cette coquille témoigne d'une gradation ménagée : la région 4, avoisinant le moule externe, correspond à la couche moyenne de la coquille; elle est burinée par de petites lacunes assez régulièrement disposées. En arrivant environ à la moitié de l'échantillon, on atteint la couche interne 3 et même la surface intérieure de celle-ci : on y remarque alors un réseau composé de canaux principaux et d'anastomoses, réseau que la progression de l'usure ne permet pas d'attribuer à un simple jeu de l'érosion. Certes, celle-ci a joué son ôle, mais l'on ne trouve pas ici les traces privilégiées des clivages que ne manquerait pas de présenter une calcite non organisée. D'ailleurs, l'aspect total du réseau et celui de ces éléments (en particulier du canal 5 coupé d'étranglements) suggère une vascularisation.

Ce réseau paraît comparable à celui que l'on observe sur les manteaux vascularisés de certains Gastéropodes : non seulement des vrais Pulmonés, mais aussi des Prosobranches adaptés à la vie terrestre ou amphibie. Nous pensons donc que l'encroûtement observé correspond soit à un cas de fossilisation tout à fait exceptionnel de l'épithélium palléal, soit, plus probablement, à la moulure en creux de cet épithélium par la couche interne de la coquille.

L'échantillon de Dfeil paraît d'autant plus digne d'intérêt que Fischer et Bouvier (1) ont observé une vascularisation palléale chez *Pleurotomaria beyrichi*, Gastéropode dibranchié des mers actuelles. Le réseau décrit par ces auteurs occupe la moitié antérieure du plafond palléal, et passe, vers l'arrière, à un tissu lacuneux, peut-être glandulaire, comparable à celui que présente notre couche 4. Une veine axiale, suivant le trajet de la bandelette sinusaire, émet des branches latérales obliques, dirigées d'avant en arrière et qui paraissent comparables au canal 6 de notre échantillon, divisé lui aussi en ramuscules anastomosés. Enfin, complétant ce système, dont le rôle respiratoire semble manifeste, le sang hématosé du Pleurotomaire se jette dans un grand sinus collecteur relié au cœur par une veine : ce sinus occupe une position analogue à celle du tronc que nous avons numéroté 5 et à celle de ses ramifications.

La principale conclusion tirée par Fischer et Bouvier de l'existence d'une telle vascularisation chez un organisme aussi foncièrement marin que le Pleurotomaire est que le réseau observé devait suppléer des branchies trop faibles. A notre avis, le fait que les Archæogastéropodes, Bellérophons et Pleurotomaires, possédaient à la fois des branchies et une vascularisation analogue au poumon d'un Gastéropode à respiratian aérienne, semble témoigner d'une tendance commune à toute la Classe. On peut donc se demander si, dès l'origine, les Gastéropodes n'étaient pas munis d'organes capables de les faire vivre dans les deux milieux, c'est-à-dire de les rendre en quelque sorte préadaptés à la vie terrestre.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur l'évolution des Ébriédiens. Interprétation du genre* Ebriopsis. Note (*) de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Ebriopsis n'est pas apparenté à *Ebria* (à triode initial), mais dérive orthogénétiquement d'une forme à triæne initial, dont l'axe cinétique tourne progressivement d'environ 60°.

L'état de nos connaissances sur les Ébriédiens est peu avancé et il n'est point encore question d'envisager l'aspect général de leur évolution, comme j'ai pu le faire pour les Silicoflagellidés. Dès 1934 (¹) j'ai montré que seule l'étude minutieuse de la variation des éléments du squelette siliceux, aidée par une nomenclature pratique, était susceptible d'apporter quelque lumière sur les relations intergénériques et, par conséquent, sur l'évolution du groupe.

Encore inconnus au Crétacé, les Ébriédiens nous apparaissent soudainement à la base du Tertiaire, déjà représentés à la fois par des formes à triæne et par des formes à triode initial. Ces dernières seront laissées de côté ici. Parmi les formes à triæne initial du Paléocène, j'ai décrit, sous le nom de *Parebria valida* Defl. 1934, une espèce apparentée au genre *Hermesinum* Zach. Classée tout d'abord dans un genre incorrectement décrit (*Parebria* Hovasse), qui doit d'ailleurs disparaître, cette forme trouve maintenant, grâce aux progrès réalisés dans la connaissance d'une autre espèce, une place naturelle dans le genre *Ebriopsis* Hov. L'étude des variations d'*Ebriopsis mesnili* Defl. dans une diatomite éocène d'U. R. S. S. (Kusnetzk, bassin de la Volga), permet en effet de relier celle-ci à *Ebriopsis valida* (Defl.), plus particulièrement par la considération de la partie du squelette issue de l'actine *a* 2 (³).

Dans les rares squelettes sensiblement réguliers d'*E. valida* (Paléocène du Jutland), à symétrie binaire (*fig.* 1 et 2), le plan de symétrie passe par le rhabde et par l'opisthoclade *o* 2, celui-ci aboutissant à la base du rhabde. Assez souvent, cet opisthoclade *o* 2 (avec le proclade et les deux synclades antérieurs correspondants) est décalé d'un certain angle (15 à 20° au maximum) par rapport à l'axe du rhabde et il rejoint alors l'opisthoclade *o* 3 en un point plus ou moins

(*) Séance du 3 mai 1950.

(¹) *Ann. Protist.*, 4, 1934, p. 75-98.

(²) Aux termes déjà proposés, j'ajoute ici celui de *synclade* pour désigner les baguettes reliant des proclades (synclades antérieurs *sa*), ou des opisthoclades (synclades postérieurs *sp*), ou encore, éventuellement, des actines, lorsque les clades sont réduits et non limitables. Les synclades portent les numéros des deux parties qu'ils relient, exprimés dans le sens direct (exemple : *sa* 12, *sa* 23, *sa* 31).

(³) Cette partie, dénommée autrefois par Hovasse *second trépied*, comprend, pour moi, une branche antérieure (proclade *p* 2) bifurquée en deux synclades (*sa* 12 et *sa* 23) et une branche postérieure (opisthoclade *o* 2).

éloigné de la base du rhabde (*cf.* Deflandre, 1934, *loc. cit.*, *fig.* 33 et 34). Chez *E. mesnili* (Eocène du bassin volgien), ce décalage s'amplifie ; l'angle, rarement nul ou faible (12°, *fig.* 3), varie habituellement entre 25 et 35° (*fig.* 4), et peut atteindre 45° (*fig.* 5). La même espèce (Oligocène de Nouvelle-Zélande)

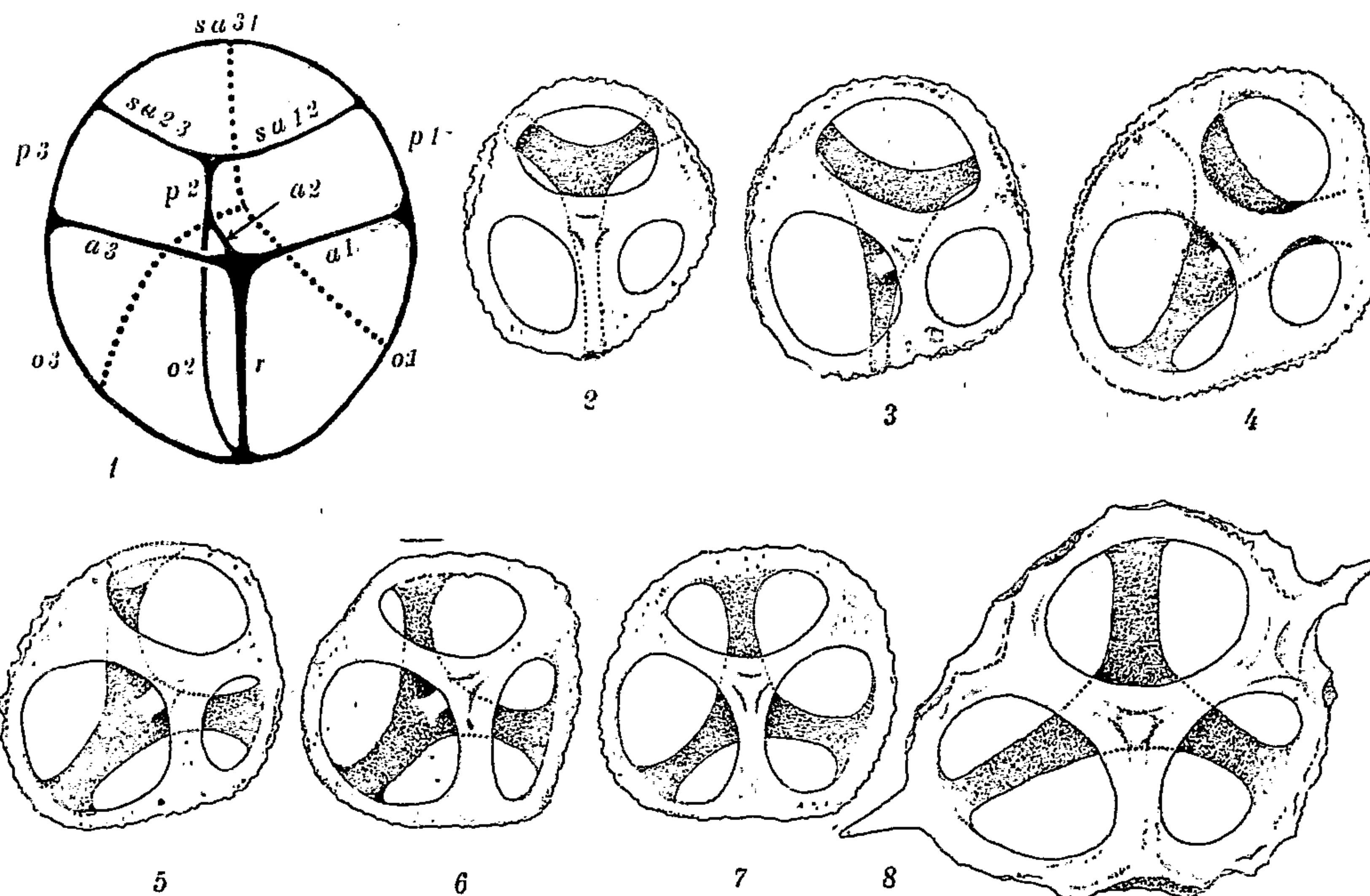


Fig. 1 à 8. — 1, schéma du squelette d'*Ebriopsis valida* (Defl.) : *r*, rhabde ; *a*, actines ; *p*, proclades *o*, opisthoclades ; *sa*, synclades antérieurs. En pointillé, la disposition des clades issus de *a* 2 chez les *Ebriopsis* les plus évolués. — 2, *E. valida* (Defl.). Paléocène, île de Fuur, Jutland. — 3 à 7, *E. mesnili* (Defl.). 3 à 5, Éocène de Kusnetzk, bassin de la Volga U. R. S. S. ; 6 et 7, Oligocène, Oamaru, Nouvelle-Zélande. — 8, *E. antiqua* (Schulz). Miocène, Tukuro, Japon. Fig. 2 à 8, gross. 1166.

accuse, pour l'angle envisagé, des valeurs de 35 à 50° (*fig.* 6 et 7). Le proclade *p* 2, avec les synclades antérieurs, suit, parfois avec un peu de retard, l'évolution de l'opisthoclade *o* 2. Au terme de cette évolution, dans l'espèce *E. antiqua* (Schulz) du Miocène, l'actine *a* 1 est sensiblement dans le même plan que l'opisthoclade *o* 2 (*fig.* 8). L'axe cinétique du Flagellé, marqué par la position de l'anneau nucléaire, se trouve avoir ainsi effectué une rotation d'environ 60°.

La connaissance de cette série phylétique *Ebriopsis valida* → *E. mesnili* → *E. antiqua*, dont l'allure orthogénétique est évidente, permet enfin d'interpréter le squelette des *Ebriopsis* et de comprendre leur architecture. Contrairement à ce qui a été dit jusqu'ici, le genre *Ebriopsis* n'est nullement voisin du genre *Ebria*, à triode initial. Il a pour origine une forme très simple à triæne initial, comportant trois actines et un rhabde. Ce dernier, dans les espèces les plus évoluées, n'est décelable que grâce à la connaissance de la phylogénie du

squelette. La structure élémentaire et l'ancienneté du genre *Ebriopsis* conduisent à le prendre pour type de la famille des *Ebriopsidæ* fam. nov., réunissant les divers genres d'Ebriédiens à triæne initial. L'acception et les limites de cette famille seront précisées ultérieurement.

BOTANIQUE. — *Existence d'un rythme à courte période dans la croissance du coléoptile d'avoine non étiolé.* Note (*) de M. **Claude Arnal**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En enregistrant avec une amplification suffisante l'élongation de coléoptiles d'avoine cultivés à la lumière et à 24°, on constate que cette élongation n'est pas continue, mais rythmique. La période de ce rythme est d'environ 4 minutes.

Les travaux de Bose ([1]) ont montré qu'il existait, dans un certain nombre de végétaux, des phénomènes pulsatoires se traduisant par des séries régulières d'expansions et de contractions localisées soit dans des régions en voie de croissance, soit dans des organes moteurs situés à la base des feuilles. La périodicité de ces pulsations est de l'ordre de 1 à 5 minutes. Bose a conclu à l'existence d'un *cœur végétal* dont l'activité pulsante assurerait la circulation de la sève, hypothèse ensuite confirmée par Molisch (1928). La plupart des auteurs qui ont repris cette question se sont opposés aux conclusions de Bose, soit en niant l'existence ou tout au moins la généralité du phénomène rythmique (Dixon, 1924), soit en démontrant que ce phénomène, quand il existe, est sans rapport avec la circulation de la sève (Benedict, 1927). A la suite de ces critiques sérieuses, ces observations ont été depuis lors presque totalement laissées dans l'oubli. Par ailleurs, Friesner (1920) a signalé dans certaines racines l'existence d'un rythme de croissance, mais à période beaucoup plus longue (6 à 12 heures).

Or, en effectuant des recherches sur la croissance du coléoptile d'avoine, nous avons pu constater que, dans certaines conditions, cette croissance n'est pas continue mais rythmique. Ces observations ont été faites à l'aide de l'auxanomètre enregistreur avec un coefficient d'amplification de 300 et dans les conditions techniques suivantes :

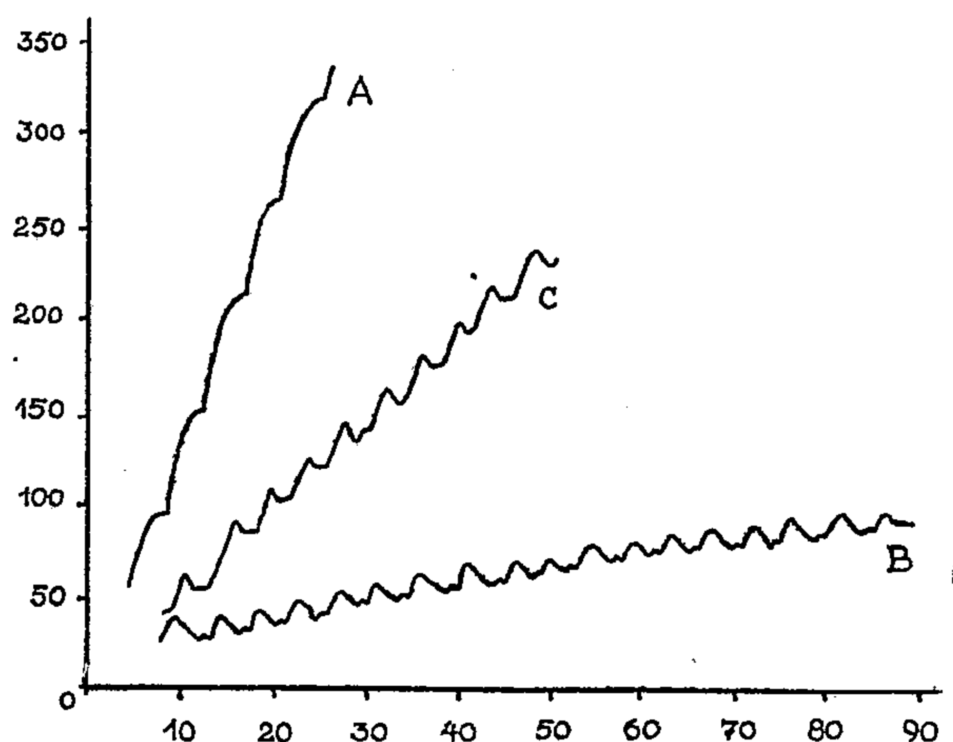
Des caryopses d'avoine (var. *Victoire* de Vilmorin), débarrassés des glumelles, sont mis à tremper dans l'eau distillée pendant 2 heures, puis placés dans une boîte de Pétri sur du papier filtre saturé d'eau distillée. La boîte est conservée au laboratoire devant une fenêtre et les grains reçoivent ainsi la lumière du jour. Après 24 heures, les premières racines sont apparues; les grains sont alors fixés sur un tube de verre de façon que les racines seules

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) *Physiology of the ascent of sap*, London, 1923.

trempent dans l'eau distillée. Ces tubes sont placés dans une étuve où la température est constante (24°) et où les plantules sont éclairées continuellement par le haut à l'aide de tubes luminescents. L'intensité de la lumière est, au niveau des plantules, de 2 000 lux.

Dans ces conditions, les coléoptiles ne sont pas étiolés, ils verdissent et restent courts. Ils sont percés par la première feuille quand leur longueur est de l'ordre de 15^{mm} seulement, 70 heures environ après le début de la culture. De tels coléoptiles âgés de 40 à 80 heures sont placés sur l'auxanomètre et, pendant l'enregistrement de leur croissance, ils sont maintenus à la température constante de 24° et éclairés verticalement à 2000 lux. On constate alors que la croissance de ces coléoptiles n'est pas continue, mais présente un rythme dont la période est voisine de 4 minutes. Chacun de ces cycles comprend une phase de croissance rapide (durée : 1 minute) suivie d'une phase pendant laquelle la croissance est plus lente ou arrêtée (*fig.* A) ou même remplacée par une décroissance (*fig.* C) selon l'âge et la vitesse moyenne de croissance du coléoptile étudié. Ce rythme est extrêmement régulier et a pu être enregistré pendant plusieurs heures consécutives.



Élongation de coléoptiles en fonction du temps : en ordonnées, l'élongation en microns; en abscisses, le temps en minutes. A, coléoptile intact de 60 heures; B, le même coléoptile deux heures après avoir été décapité; C, coléoptile intact de 70 heures.

Des premières expériences réalisées pour l'étude de ce phénomène, il semble résulter que la lumière est indispensable au déclenchement de ce rythme; des coléoptiles cultivés entièrement à l'obscurité ne le présentent pas. Par contre, quand ce rythme existe, l'interruption de la lumière ne l'arrête pas, tout au moins pendant les cinq heures qui suivent la mise à l'obscurité. Inversement, un abaissement de la température entraîne rapidement un arrêt de l'activité rythmique. D'autre part, ces pulsations semblent, dans une certaine mesure, indépendantes de la croissance générale du coléoptile; le rythme persiste en

effet dans des coléoptiles décapités (*fig.* B) dont la croissance générale est fortement ralentie; on le retrouve aussi dans les coléoptiles âgés dont la croissance est presque terminée et qui sont percés par la première feuille. Il est évident que ce rythme n'est pas lié aux variations des conditions extérieures puisqu'il se produit quand ces conditions sont constantes.

MYCOLOGIE. — *Comportement nucléaire dans le mycélium des Polypores de la série des Igniaires.* Note (*) de M. **Robert Kuhner**, présentée par M. Joseph Magrou.

Une trentaine d'espèces ont été étudiées; la plupart ont des articles mycéliens qui contiennent des noyaux en nombre variable et parfois très élevé; seules six espèces de *Phellinus*, à spore étroite ou déprimée, offrent un comportement nucléaire régulier. Une gamme très graduée d'intermédiaires relie les types ci-dessus indiqués de répartition des noyaux.

Aucune des espèces de la série des Igniaires énumérées dans cette Note ne nous a montré de boucles ([1]).

A côté d'espèces dont tous les articles mycéliens sont binucléés (*P. ferreus* Pers., *ferruginosus* Schrad., *gilvus* Schw., *isabellinus* Fr., *torulosus* Pers.) on en trouve nombre d'autres où le nombre des noyaux par article est variable (*P. abietis* Karst., *circinatus* Fr., *conchatus* Pers., *cuticularis* Bull., *dryadeus* Pers., *fulvus* Scop., *hispidus* Bull., *igniarius* L., *lævigatus* Fr., *nigricans* Fr., *nigrolimitatus* Röm., *obliquus* Pers., *perennis* L., *pini* Brot., *punctatus* Fr., *radiatus* Sow., *ribis* Schum., *robustus* Karst., *tamaricis* Pat., *vulpinus* Fr.) ([2]). Les deux groupes ainsi définis ne sont d'ailleurs nullement tranchés comme nous allons le montrer.

Ont des noyaux nombreux les *P. cuticularis, dryadeus, fulvus, hispidus, lævigatus, obliquus, ribis, vulpinus*, etc. Nous avons compté dans l'article terminal des axes rayonnants 50 à 90 noyaux chez *P. dryadeus* et *ribis*, 20 à 50 chez *P. lævigatus*, jusqu'à 20 ou 35 chez *P. fulvus, hispidus, obliquus, vulpinus*, etc. Là où les noyaux sont très nombreux, ils ne se divisent pas tous ensemble; chez *P. lævigatus* par exemple, nous avons observé dans un article terminal 7 ou 8 télophases non parallèles mais groupées dans le tronçon distal, la partie

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) Signalons toutefois que la souche transmise par le Centraalbureau de Baarn sous l'étiquette *Poria contigua*, et qui avait été isolée par Mac Lennan, ne nous a montré que des articles régulièrement binucléés et bouclés; mais le mycélium diffère tellement par son mode de croissance et son allure de celui des Igniaires typiques que nous hésitons jusqu'à plus ample informé à croire qu'elle provient d'un Polypore à spinules.

([2]) Le mycélium développé dans l'air ne semble pas différer fondamentalement au point de vue nucléaire de celui qui a poussé en milieu liquide; nous avons retrouvé des articles à plus de 2 noyaux dans le feutrage aérien développé sur mousse stérilisée chez les quelques types où nous avons entrepris l'étude de ce mycélium, les *P. obliquus, pini, radiatus, ribis, robustus*.

proximale du même article contenant 15 noyaux au repos. Le nombre des noyaux baisse rapidement dans les articles intercalaires et il est par suite plus faible dans les articles des rameaux latéraux grêles que dans ceux des axes principaux plus gros; c'est ainsi que nous avons noté les nombres de noyaux suivants dans un article terminal et dans l'article subterminal correspondant : *P. fulvus :* 35, 18; *P. hispidus :* 33, 7; *P. nigricans :* 18, 7. D'autre part nous avons trouvé des rameaux grêles dont l'article terminal ne contenait que 18 noyaux chez *P. ribis* et 8 noyaux chez *P. lævigatus ;* il y a même des espèces où le nombre des noyaux, plus ou moins élevé par places, s'abaisse jusqu'à 3 ou même 2 dans les plus petits articles terminaux; dans une même préparation, nous avons noté pour les divers articles terminaux des nombres de noyaux variant de 25 à 3 (rarement 2) chez *P. pini*, de 24 à 3 chez *P. circinatus*, de 20 à 3 chez *P. punctatus*, de 18 à 3 chez *P. nigricans*, de 16 à 2 chez *P. conchatus*. Quand le nombre des noyaux de l'article terminal descend à 5 ou au-dessous, les divisions nucléaires peuvent être synchrones, comme nous l'avons parfois observé chez *P. pini* et il n'est pas rare alors que les articles successifs de la file en question renferment le même nombre de noyaux; nous avons quelquefois vu des files d'articles à 3 noyaux chez *P. circinatus, conchatus, nigricans, pini, punctatus*, même occasionnellement à 2 noyaux chez *P. conchatus*; cependant même dans ce cas la répartition n'est pas forcément d'une régularité absolue, comme en témoigne la série 3-3-2-2-3-2-2-2-2, qui indique le nombre des noyaux dans les articles successifs d'une file (en commençant par le terminal) chez *P. conchatus*. *P. nigrolimitatus* est à la limite de l'irrégularité; nous n'y avons observé que des files à 4, à 3 et rarement à 2 noyaux.

En considérant l'ensemble constitué par cette dernière espèce et les types régulièrement binucléés, nous constatons que les formes plus ou moins complètement résupinées y sont nombreuses, que certaines espèces binucléées fructifient facilement en culture (*P. ferreus*), ou y produisent, soit des spinules (*P. ferruginosus*), qui sont typiquement des formations d'origine sous-hyméniale, soit des chlamydospores qui semblent ne différer des spinules que par leur forme (*Hymenochæte rubiginosa*); nous en étions par suite arrivé à nous demander si leur comportement nucléaire particulier ne correspondrait pas simplement à la régularisation qui doit s'établir dans la région sous-hyméniale des autres Igniaires. Cependant, chez d'autres types binucléés (*P. gilvus* et *torulosus*), le mycélium est dépourvu de spinules et les carpophores sont dimidiés, et *P. obliquus*, dont les articles sont toujours franchement multinucléés, est une espèce résupinée, à spinules mycéliennes. Il semble plus probable que la régularité de comportement nucléaire de certains types porés de la série des Igniaires n'est qu'une des expressions de l'affinité qu'ils présentent entre eux, car tous les types réguliers sont des *Phellinus* à spores en moyenne plus étroites que celles des autres espèces du genre, et souvent plus ou moins déprimées latéralement.

Bien qu'il soit dépourvu de spinules hyméniales et de poils fibreux mycéliens, *Phæolus Schweinitzii* Fr. nous paraît devoir être placé dans la série des Igniaires à cause de ses hyphes mycéliennes à paroi jaune, sans boucles, multinucléées comme celles des Igniaires les plus typiques.

MYCOLOGIE. — *Note préliminaire sur la germination de la spore des Homobasidiés*. Note (*) de M. **Yen Hsun Chu**, présentée par M. Roger Heim.

En utilisant la méthode de culture sur lame, en milieu liquide sous collodion, nous avons étudié les caractères morphologiques et caryologiques de la germination chez 16 espèces de Polypores et 83 d'Agarics. Ces nouvelles recherches confirment la règle établie par nous antérieurement ([1]), selon laquelle, chez les Agarics, la condition uni ou multinucléée des articles du tube germinatif est en rapport avec la condition uni ou binucléée de la spore.

A. Germination des Agarics leucosporés. — 1° *Caractères morphologiques.* — Chez tous les *Mycena* et *Marasmius* que nous avons étudiés ainsi que chez *Crinipellis stipitarius, Pleurotus candidissimus* et *Armillariella mellea*, le tube germinatif a une tendance presque générale à se vider à partir de la spore, en laissant des cloisons de retrait plus ou moins rapprochées. Chez ces espèces, la spore se déforme peu, tandis que, chez les autres leucosporés, elle devient souvent méconnaissable en se confondant avec le jeune mycélium.

Panus torulosus, Pleurotus applicatus, Marasmius Cauvetii, Omphalia chrysophylla, grisella, maura et *rustica, Clitocybe cyathiformis* ont souvent des tubes germinatifs à articles courts, parfois gros, rappelant ceux des *Calocérales.*

2° *Comportement nucléaire.* — *a.* Espèces à spore uninucléée donnant une germination à articles uninucléés : *Panus torulosus* (Pers.), *Panellus violaceofulvus* (Batsch), *Lentinellus ursinus* (Fr.), *Pleurotus applicatus* (Batsch), *candidissimus* (B. et C.), *Xeromphalina campanella* (Batsch), *Marasmius alliaceus* (Jacq.), *androsaceus* (L.), *Cauvetii* Kühner, *epiphyllus* (Pers.), *inodorus* Pat., *oreades* (Bolt.), *peronatus* (Bolt.), *ramealis* (Bull.), *rotula* (Scop.), *Crinipellis stipitarius* (Fr.), *Mycena amicta* Fr., *crocata* (Schrad.), *elegans* (Pers.), *filopes* (Bull.), *flavipes* (Pers.), *flavoalba* Fr., *floridula* Fr., *galopus* (Pers.), *hæmatopus* (Pers.), *Langei* Maire, *olivascens* Quél., *sanguinolenta* (Alb. et Schw.), *vulgaris* (Pers.), *xantholeuca* Kühner, *Collybia ambusta* Fr., *butyracea* (Bull.), *dryophila* (Bull.), *maculata* (Alb. et Schw.), *platyphylla* (Pers.), *pseudoclusilis* Konrad et Joss., *tuberosa* (Bull.), *Rhodocybe striatula* Kühner, *Omphalia chrysophylla* Fr., *grisella* (Weinm.), *marginella* (Pers.), *maura* Fr., *rustica* Fr., *Tephrophana inolens* (Fr.), *rancida* (Fr.), *Clitocybe dealbata* (Sow.),

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) *Ann. Univ. Lyon. Sci. Nat.*, 1949, p. 1.

dicolor (Pers.), *nebularis* (Batsch), *pithyophila* (Secr.), *viridis* (Scop.), *Lyophyllum aggregatum* (Schaef.), *Rhodopaxillus nudus* (Bull.), *Ripartites Tricholoma* (Alb. et Schw.).

b. Espèces à spore uninucléée donnant une germination à articles plurinucléés : *Panellus mitis* (Pers.) dont les tubes germinatifs peuvent contenir jusqu'à une quinzaine de noyaux.

c. Espèces à spore binucléée : *Schizophyllum commune* Fr., articles à un ou deux noyaux; *Clitocybe cyathiformis* Fr., articles contenant de un à quatre noyaux; *Clit. obbata* Fr., articles de deux à six noyaux; *Clitopilopsis hirneola* (Fr.), articles très généralement binucléés, par exception seulement uninucléés vers les extrémités.

B. Germination des Agarics chromosporés. — 1° *Caractères morphologiques*. — De nombreux chromosporés forment à la base du tube germinatif un renflement dont la grosseur peut parfois dépasser de beaucoup celle de la spore correspondante. Se comportent ainsi *Pholiota mutabilis*, *Fulvidula hybrida*, *Flammula gummosa*, *spumosa*, *Psilocybe coprophila*, *Nematoloma fasciculare*, *sublateritium*, *Drosophila Candolleana*, *hydrophila*, et *Coprinus plicatilis*.

2° *Comportement nucléaire*. — Les spores des Agarics chromosporés sont très généralement binucléées selon M. Kühner; nous avons vérifié ce fait notamment pour *Tubaria autochtona* et *pellucida* et pour *Hebeloma truncatum*. Nous nous sommes surtout attaché à l'étude des tubes germinatifs; à cet égard nous pouvons ranger les germinations examinées en trois catégories passant naturellement de l'une à l'autre par des transitions insensibles.

a. Articles des tubes germinatifs souvent uninucléés, parfois binucléés : *Tubaria autochtona* Bk. et Br., *pellucida* (Bull.), *Galera sideroides* (Bull.), *Hebeloma truncatum* ss. Lange.

b. Articles renfermant jusqu'à trois ou quatre noyaux : *Galera clavata* Vel., *G.* (*Pholiota*) *marginata* (Batsch), *Psilocybe semilanceata* Fr., *Nematoloma fasciculare* (Huds.), *Coprinus plicatilis* Curt.

c. Articles à noyaux plus ou moins nombreux : *Galera mycenopsis* Fr., *Pholiota mutabilis* (Schaef.), *Fulvidula hybrida* (Fr.), *Flammula gummosa* (Lasch), *lutaria* Maire, *spumosa* Fr., *Nematoloma capnoides* (Fr.), *sublateritium* (Schaef.), *Psilocybe coprophila* (Bull.), *Drosophila Candolleana* (Fr.), *hydrophila* (Bull.), *Panaeolus papilionaceus* Fr., *subbalteatus* B. et Br., *Bolbitius vitellinus* (Pers.), *Coprinus* cf. *Friesii* Quél.

Comme on le voit ces nouveaux résultats viennent nettement à l'appui de la conclusion de notre thèse selon laquelle les spores uninucléées donnent généralement des germinations dont les articles ne renferment qu'un seul noyau, alors que les spores binucléées germent très souvent en filaments à articles plurinucléés. Les exceptions sont très rares chez les Agarics : 3 leucosporés sur 74 et 6 chromosporés sur 46 étudiés par nous. Par contre, elles sont plus nombreuses chez les Polypores comme nous le montrons ci-dessous.

C. Germination des Polypores. — 1° *Spore uninucléée, germination à articles uninucléés.* — *Melanopus Forquignoni* Quél., *Coriolus hirsutus* (Wulf.), *versicolor* (L.), *Trametes quercina* (L.), *Daedalea biennis* (Bull.), *Lenzites flaccida* (Bull.), *Ungulina marginata* (Fr.), *Poria vulgaris* Fr.

2° *Spore uninucléée, germination cénocytique.* — *Leptoporus albidus* (Schaef.), cf. *lacteus* Fr., *Trametes cervina* Schw., *Phaeolus Schweinitzii* (Fr.), *Xanthochrous radiatus* (Sow.), *Poria reticulata* Fr.

3° *Spore binucléée, germination cénocytique.* — *Coriolus unicolor* (Bull.), *Lenzites sæpiaria* Wulf.

Certaines germinations de *T. quercina* peuvent former d'abord quelques articles cénocytiques, mais les articles suivants sont toujours uninucléés, tandis que celles de *M. Forquignoni* ont tendance à subir une modification inverse. Ces deux espèces font ainsi transition entre les deux premiers groupes.

ZOOLOGIE. — *Les modalités de l'évolution dans le genre* Porcellio (*Crustacés Isopodes*). Note de M. **Albert Vandel**, présentée par M. Louis Fage.

La croissance allométrique représente la réaction d'un organe sensibilisé par rapport à un facteur morphogène ou sexuel. Les phénomènes de croissance allométrique affectent aussi bien les lignées phylétiques que le développement individuel. L'évolution spécifique est le résultat des variations de sensibilité aux facteurs morphogènes ou sexuels, des organes affectés de croissance allométrique.

Une étude détaillée de la variation et de l'évolution du genre *Porcellio* conduit à des conclusions dont l'essentiel peut être résumé dans les cinq propositions suivantes :

1° Un grand nombre d'organes présentent, dans le genre *Porcellio*, une croissance allométrique (c'est-à-dire dysharmonique par rapport à l'ensemble du corps). La dysharmonie de croissance affecte aussi bien les caractères somatiques, propres aux deux sexes (granulations tégumentaires, lobes céphaliques, dents antennaires, pleurépimères, telson, etc.) que les caractères sexuels mâles (septième paire de péréiopodes, première paire de pléopodes, uropodes, etc.). La croissace allométrique représente la réaction propre d'un organe sensibilisé vis-à-vis d'un facteur morphogène ou sexuel.

2° Les colonies d'*une même espèce* peuvent présenter des aspects différents, suivant les régions qu'elles occupent. Les colonies méridionales renfermant une majorité d'individus de grande taille, possèdent des caractères dysharmoniques très développés, *dilatés*. Les colonies septentrionales, composées d'exemplaires de petite taille, ne présentent, même adultes, que des caractères *juvéniles*. Il est probable que ces différences ont une base génotypique; mais, elles sont exagérées par les conditions du milieu. Je désigne sous le nom de *formes* les colonies répondant à ce type de variation. On ne saurait les consi-

dérer comme des races, car, ni morphologiquement, ni géographiquement, elles ne sont nettement séparées les unes des autres.

Exemple : les trois formes de *Porcellio monticola* Lereboullet : *monticola* (forme type), *lugubris* (forme septentrionale) et *meridionalis* (forme méridionale).

3° Les différences spécifiques ou subspécifiques que l'on observe dans le genre *Porcellio* sont de même ordre que celles que l'on relève entre individus ou colonies. Dans ce cas, le phénomène de la dysharmonie de croissance passe du cadre ontogénique et individuel au plan phylétique. La croissance allométrique affecte aussi bien l'individu au cours de son développement individuel que les différents termes évolutifs d'une lignée phylétique. C'est ce transfert que Ch. Champy désigne sous le nom de *phénomène de Lameere*.

Les différences spécifiques ou subspécifiques correspondent à des variations de sensibilité différentielle d'organes affectés de croissance allométrique. La sensibilité d'un organe à un facteur morphogène ou sexuel peut être très grande dans une espèce, faible ou nulle dans une espèce voisine. Les adultes des deux espèces seront différents, mais, l'adulte de la seconde espèce ressemblera, quant à l'organe envisagé, à la forme juvénile de la première espèce (*paedomorphose* de Garstang). Ce type de variation est extrêmement fréquent dans le genre *Porcellio*; il est à l'origine des innombrables confusions qui se sont produites dans la systématique de ce genre.

Pædomorphose et surévolution peuvent coexister dans une même espèce (ou sous-espèce). C'est ainsi que les caractères somatiques de *P. spinipennis montanus* se présentent comme des caractères juvéniles par rapport à ceux du type, *spinipennis spinipennis*; mais, les caractères sexuels du premier pléopode mâle de *montanus* sont surévolués par rapport à ceux du type.

4° Les facteurs morphogènes ou sexuels qui déterminent la croissance allométrique des organes sensibilisés agissent toujours dans le même sens. Ils déterminent des évolutions orientées ou *orthogenèses*. Ces orthogenèses peuvent aboutir au développement d'organes proprement hypertéliques; tels les immenses uropodes des mâles de quelques *Porcellio* espagnols : *magnificus* Dollfus, *expansus* Dollfus, *bolivari* Dollfus, *haasi* Arcangeli.

5° L'évolution du genre *Porcellio* apparaît ainsi, non point comme le résultat de mutations survenant au hasard, et orientées dans toutes les directions, mais, comme le déroulement de manifestations de sensibilité différentielle et de réactions de croissance allométrique, très semblables à celles que l'on observe dans le développement individuel. Ce sont donc des évolutions *orientées*, comme le sont tous les phénomènes de développement.

Ces évolutions orientées aboutissent à la réalisation de variantes, multiples dans leurs aspects, mais répondant toutes à une même organisation fondamentale qui est celle du type générique. Ces variations ne peuvent, dans la plupart des cas, être qualifiées d'utiles ou de nuisibles; elles sont indifférentes. Il est

difficile de concevoir que la sélection ait la moindre prise sur elles. Seuls, les termes extrêmes des séries évolutives, alourdis de formations hypertéliques, semblent désavantagés par rapport aux types normaux.

PHYSIOLOGIE. — *Signification de la douleur ressentie au cours de l'accouchement.* Note de MM. **Henri Vignes** et **Jacques Bonhomme**, transmise par M. René Leriche.

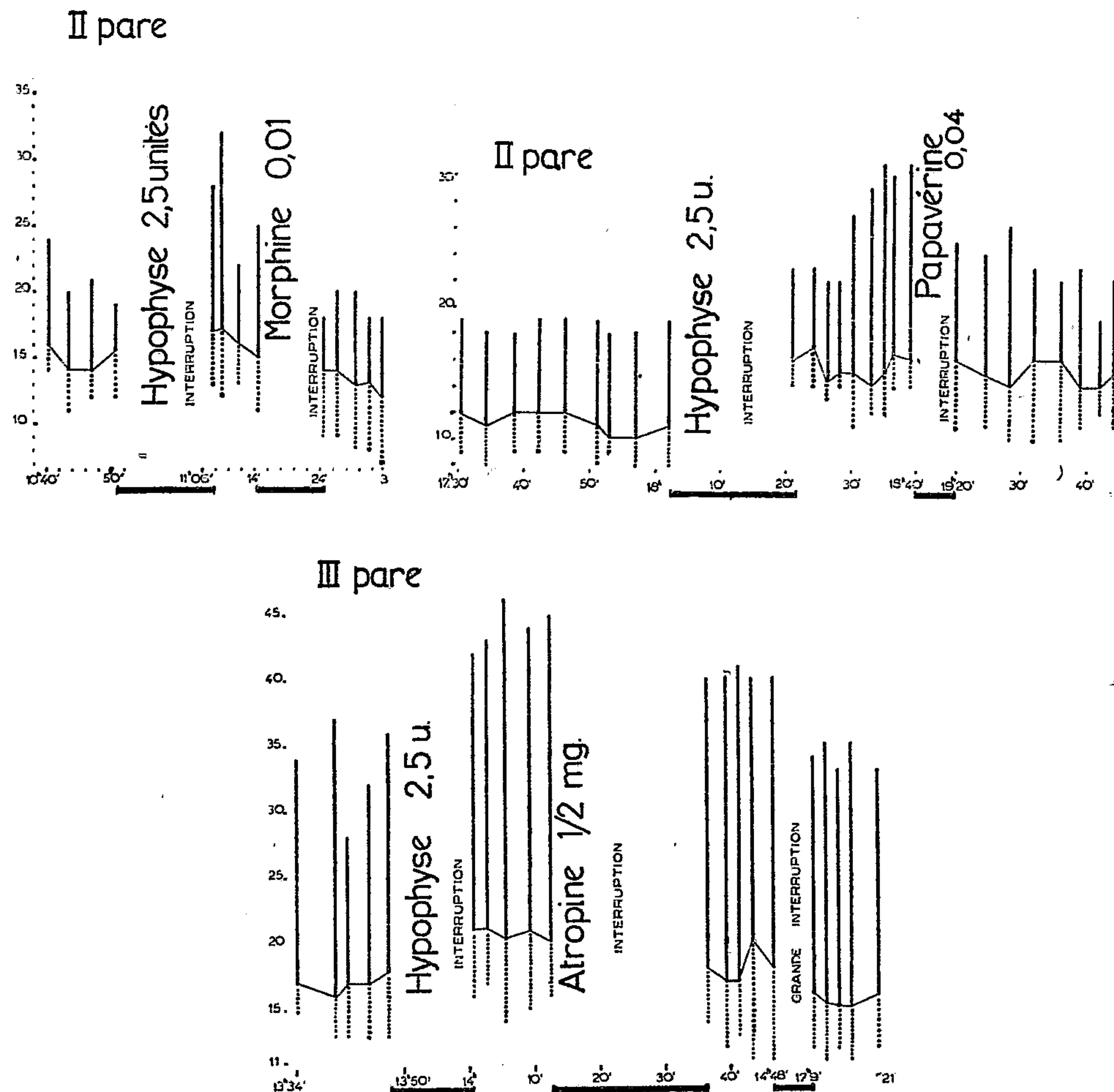
Les douleurs de l'accouchement sont, il n'est pas besoin de le rappeler, causées par les contractions de l'utérus. Chaque contraction est d'abord indolore, puis elle franchit un seuil (seuil de Polaillon) et devient douloureuse; la sensation douloureuse augmente alors, puis elle diminue; enfin, au bout d'un nombre variable de secondes elle redescend au-dessous du seuil et elle cesse d'être perçue. Si, spontanément ou par l'emploi d'un médicament, on élève le tonus permanent et que celui-ci arrive à être plus élevé que la ligne de Polaillon, cette hypertonie détermine un état de douleur permanente sur lequel se dénivellent mal les contractions, devenues d'ailleurs inefficientes ou peu efficientes. On peut conclure, de ces deux faits concernant la contraction normale et la contracture, que la douleur est fonction du durcissement utérin.

L'intensité de la douleur est, pour une part, fonction de l'intensité de la contraction. Plusieurs faits le prouvent : 1° la douleur augmente au fur et à mesure que l'utérus durcit; 2° les contractions très intenses sont particulièrement douloureuses; 3° la dolence de l'hypertonie intercalaire parle dans le même sens.

Mais, l'*intensité de la douleur n'est pas uniquement fonction de l'intensité de la contraction.* Une preuve peut en être donnée si l'on observe les contractions de la grossesse. Celles-ci ont, chez certaines femmes, un maximum très élevé. Elles sont pourtant indolores et la plupart des femmes ne les perçoivent même pas. D'autres contractions fortes et non douloureuses sont celles qu'on observe si l'on essaye de provoquer l'accouchement par l'injection d'extrait post-hypophysaire. On déclenche ainsi des contractions; l'utérotensiomètre montre que ces contractions sont fortes, et pourtant, la femme ne souffre pas ou souffre peu. Puis, les douleurs s'estompent et disparaissent sans que la moindre dilatation se soit produite. Que de fois en présence de tels faits, on doit se demander : comment pourrait-on rendre ces contractions douloureuses, pour qu'elles soient efficaces?

Au cours d'enregistrements entrepris sur l'action de certains antispasmodiques (morphine, papavérine, atropine) au moyen de l'utérotensiomètre Vignes-Landrieu-Lerouge, nous avons été amenés à constater un fait du même ordre. A des multipares, nous avons injecté deux unités et demie de post-hypophyse puis le spasmolytique étudié, et nos graphiques montrent le

fait connu que celui-ci vient à bout de la contracture artificiellement produite : tous trois abaissent le tonus et le maximum de la contraction du segment corporéal, la morphine a un degré plus élevé que les autres. Or, nous avons remarqué que l'augmentation du tonus par la post-hypophyse fait monter le



Chaque trait vertical indique une contraction avec son maximum et son minimum. Le trait pointillé correspond à la phase indolore de la contraction et le trait plein à la phase douloureuse.

seuil de la douleur. De même, l'abaissement du tonus par les antispasmodiques (et, surtout, par la morphine) abaisse ce seuil. Nous en avons déduit que la douleur n'est pas une valeur absolue se produisant en fonction du durcissement utérin et que, pour une femme, la douleur ressentie traduit seulement la perception d'un changement dans l'état contractile.

Certes la notion de seuil est subjective. Pourtant, le groupement des seuils présente un caractère de constance qui permet de lui reconnaître une réelle valeur.

Ces notions, intéressantes pour la compréhension de l'accouchement et de l'analgésie obstétricale, nous semblent comporter un intérêt plus général pour interpréter la douleur viscérale.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Expériences sur l'origine de l'intestin moyen chez l'embryon de* Leptinotarsa (*Insecte, Col.*) *et sur les facteurs de sa morphogenèse.* Note (*) de M. **André Haget**, présentée par M. Maurice Caullery.

Chez beaucoup d'insectes il ne paraît pas possible de déterminer avec certitude l'origine de l'endoderme de l'intestin moyen par le seul examen de coupes en série. On peut se demander si cet endoderme provient du bourgeonnement, vers la région moyenne du corps, de deux massifs cellulaires, l'un antérieur, l'autre postérieur, ou s'il n'existe pas des ébauches endoblastiques échelonnées tout le long de la bandelette embryonnaire.

Nous avons essayé de résoudre la question chez *Leptinotarsa*.

Première expérience. — Afin de supprimer avec certitude les deux massifs cellulaires, antérieur et postérieur, que Wheeler considérait comme des ébauches endoblastiques, on élimine largement les régions stomodéale et proctodéale de l'embryon de 50 heures (à 24° C) par une section oblique du germe (*fig.* 1, *ab*). La portion postéroventrale est mise en culture.

On obtient ainsi des embryons comportant tout le thorax (région où l'intestin moyen est particulièrement net chez les témoins) et une partie de l'abdomen. Ces embryons partiels, au moment de l'éclosion des témoins, sont mobiles, et ont l'apparence d'un tronçon de larve normale. Leur ectoderme et leur mésoderme ont évolué de façon typique, mais à l'intérieur du feuillet cœlomique interne, et, contre ce dernier, on ne trouve aucune trace de cellules cubiques ressemblant à celles de la couche endodermique de l'intestin des témoins, ni aucun amas de cellules indifférenciées (1).

Le feuillet cœlomique interne des embryons opérés est cependant devenu une mince lame de cellules allongées, comparable à la tunique mésodermique d'un intestin moyen. La différenciation de ce feuillet cœlomique interne paraît donc largement indépendante de la présence d'une assise endoblastique contiguë.

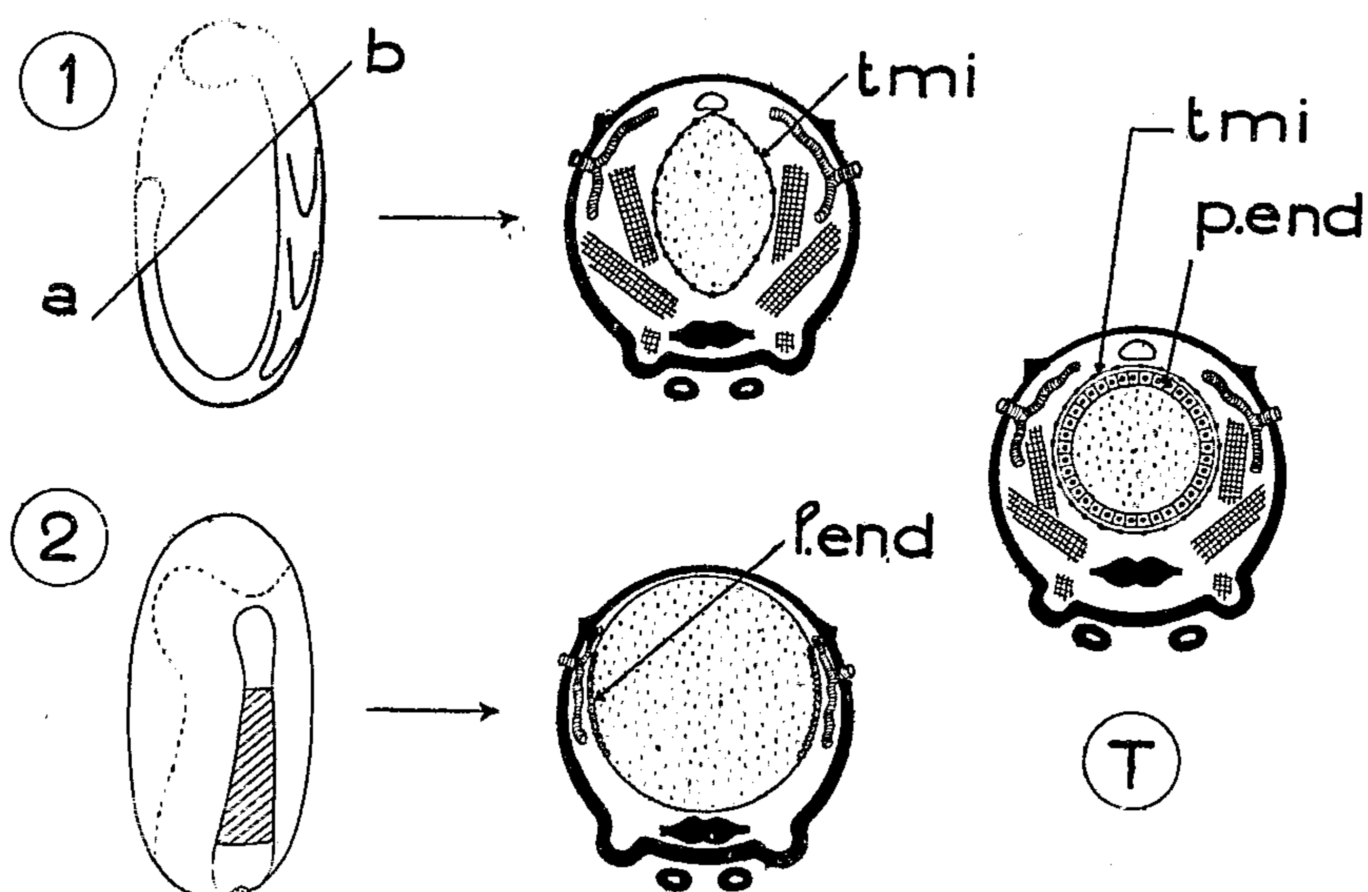
Deuxième expérience. — Sur la jeune gastrule (28 heures) on détruit à l'électrocautère les territoires de la plaque médiane (mésoblaste, et endoblaste segmentaire hypothétique) dans la région présomptive du thorax et de la

(*) Séance du 3 mai 1950.

(1) Les vitellophages, pourtant présents, sont donc dépourvus de potentialités endoblastiques.

partie antérieure et moyenne de l'abdomen, de façon à respecter très largement les régions stomodéale et proctodéale présomptives (*fig.* 2).

Les embryons opérés, fixés au moment de l'éclosion des témoins, possèdent un œsophage et un intestin postérieur normaux, ainsi que des tubes de Malpighi. Dans la région privée de plaque médiane, ils sont dépourvus



(I), *Première expérience;* (II), *deuxième expérience.* Dans les deux cas, de gauche à droite, principe de l'opération, puis représentation schématique du résultat (section transversale au moment de l'éclosion des témoins). — (T), section transversale chez un témoin à l'éclosion. *ab*, trace du plan de section; *l. end*, lame endoblastique; *p. end*, paroi endodermique; *tmi*, tunique mésodermique de l'intestin moyen.

de tout dérivé mésodermique, mais non de tout endoblaste. Accolées au vitellus, on y trouve, en effet, deux lames latérales de cellules occupant la place exacte de la paroi endoblastique de l'intestin moyen, et qui se raccordent antérieurement et postérieurement à l'endoblaste des régions normales.

Toutefois, ces cellules topographiquement endoblastiques ne présentent pas la différenciation normale (cellules cubiques à cytoplasme vacuolaire) des cellules de l'intestin moyen des témoins.

Conclusions. — Ainsi, après suppression des deux ébauches endoblastiques antérieure et postérieure présumées, on obtient des larves totalement dépourvues d'endoderme. Au contraire, après suppression de la région moyenne de la plaque médiane, on trouve de l'endoderme dans la région correspondante de la larve.

Les seules ébauches endoblastiques sont donc les massifs antérieur et postérieur, et c'est de leur bourgeonnement que provient l'endoderme de l'intestin moyen.

La différenciation de la tunique mésodermique typique de l'intestin moyen apparaît (du moins jusqu'à l'éclosion de la larve) indépendante de la présence d'une paroi endoblastique. Au contraire, la différenciation typique des cellules intestinales moyennes n'est possible que si ces dernières sont en contact avec le mésoderme viscéral. Le feuillet cœlomique interne exerce donc un rôle inducteur sur l'endoderme.

BIOLOGIE. — *La parthénogenèse, les rapports entre sexués et leur influence sur la ponte chez* Reticulitermes lucifugus *Rossi* (Rhinotermitidæ). Note de M. **Harro Buchli**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

A la suite de nos recherches sur le développement de la jeune colonie du *Termite lucifuge* (¹), nous avons recherché si la parthénogenèse naturelle existe dans cette espèce, comme chez les *Calotermitidæ* et les *Termopsidæ* où elle a été observée.

Nous avons pratiqué des fondations de colonies : A. à partir d'une femelle ailée, par un ou deux ouvriers; B. à partir de deux femelles ailées.

A. Dans ce cas, la femelle, issue de la même colonie que ses compagnons, tenue pendant quelques jours en boîte de Pétri, puis mise en tube d'élevage, perd ses ailes normalement, mais ne creuse pas de loge; la ponte, qui débute peu après la chute des ailes, s'arrête après l'expulsion de 2 à 5 œufs, destinés à dégénérer. Les femelles et les ouvriers s'affaiblissent et meurent au bout de trois mois.

B. Dans ces élevages, les deux femelles, provenant d'un même nid, montrent au contraire un comportement assez proche de celui des couples normaux, mais ne forment ni tandem, ni ne tentent de s'accoupler. La perte des ailes, le creusement du copularium, l'amputation des antennes ont lieu. La ponte commence 6 à 8 jours après la perte des ailes, comme dans les fondations normales; mais l'accroissement de l'abdomen est plus marqué, surtout chez une des deux femelles, qui paraît *avoir le monopole de la ponte*, l'autre aidant à l'expulsion des œufs, et soignant ceux-ci, comme le fait normalement le mâle. Au bout d'un mois, 15 à 20 œufs sont pondus. Toutefois, dans deux élevages, où les deux femelles pondaient, nous trouvions 40 œufs, 5 semaines après la fondation. Mais déjà, au bout de 20 jours, les œufs commencent à dégénérer, sans présenter l'accroissement de volume habituel. Leur dégénérescence se manifeste par la décomposition du vitellus en une partie blanc-laiteux et un liquide hyalin. Tous ces œufs, sans exception, sont dévorés. Mais la ponte ne cesse pas, on trouve toujours 4 à 5 œufs dans le nid. La cadence de ponte, normalement d'un œuf tous les 5 à 10 jours, augmente à l'époque où la deuxième couvée s'effectue dans les sociétés normales.

(¹) *Physiologia comp. et oec.*, 1950 (sous presse).

Ces expériences montrent que la parthénogenèse naturelle n'existe pas chez le Termite lucifuge. Il est possible qu'il en soit ainsi dans tout le groupe des *Rhinotermitidæ*. Un tel phénomène n'interviendrait donc que dans les familles plus primitives.

Les rapports sociaux entre les sexués. — La ponte peut se produire sans qu'intervienne l'essaimage, les cérémonies nuptiales ou l'accouplement. Peut-être l'isolement préalable des femelles ailées pendant 2 à 4 jours dans une boîte de Pétri, loin de la colonie et des autres castes, suffit-il pour provoquer la maturation des ovaires. Mais d'autres causes doivent intervenir pour que la ponte continue et que la colonie se développe.

Dans la série A, femelle et ouvriers manifestent *un manque de rapports sociaux*, qui semble expliquer l'arrêt précoce de la ponte et le changement du comportement. Les ouvriers perdent assez vite leur activité, ne creusent que quelques galeries, et souvent meurent plus tôt que la femelle. Ils la lèchent rarement et ont une forte tendance à la mutiler, voire à la dévorer. Ils échangent peu de nourriture avec elle. Les œufs ne sont soignés qu'accidentellement. La femelle ne s'ampute pas de ses antennes. La loge nuptiale fait constamment défaut. Un comportement analogue entre ouvriers et imagos a été observé dans de grandes colonies contenant des essaimants attardés (*achrestogonimes*).

La rupture des rapports sociaux semble se produire dans la colonie, comme Grassé l'a démontré ([2]), quelque temps avant l'essaimage. Ces rapports se rétablissent plus tard. Les couples imaginaux, *mis en élevage avec plusieurs ouvriers*, ne survivent que difficilement; mais après l'éclosion des premières larves, les relations sociales semblent s'améliorer et les imagos en profitent. Dans de telles conditions, la ponte de la première couvée diminue lentement et quelques œufs sont même produits entre la première et la deuxième couvée. Ces faits nous paraissent dus à la diminution moins rapide des matières de réserve chez la femelle assistée d'ouvriers.

Les jeunes imagos, négligés par les autres castes, semblent avoir des rapports très favorables entre eux, comme le montre leur rassemblement dans la colonie maternelle, la formation du tandem, et le fait, que deux mâles ou deux femelles ou, selon Grassé, plusieurs couples peuvent être mis en élevage avec succès. Dans tous les cas, un vrai copularium est construit et les antennes sont raccourcies. Il semble, que dans la série A, l'évolution normale de la femelle soit bloquée en l'absence de compagnon imaginal. Dans la série B, au contraire, les individus de *même sexe* présentent un comportement presque normal. Ces différences entre les deux séries d'expériences nous semblent montrer que *l'attraction sociale* (*indépendante du sexe*) et des stimulations

([2]) *Bull. biol. de France et Belgique* 1942.

propres aux imagos ont une action, directe ou indirecte, sur le développement de la jeune colonie, et notamment sur la fonction ovarienne.

Le cycle de la ponte. Dans les élevages du groupe B, la ponte ne s'arrête jamais, et les femelles ne maigrissent pas. Chez les couples normaux, l'arrêt de la ponte semble pouvoir s'expliquer ainsi : Dans le groupe B, les femelles associées n'ont presque aucune activité en dehors de la ponte. Leurs pertes en matière de réserve sont très réduites puisqu'elles dévorent leurs œufs et n'alimentent pas de larves. Les couples normaux au contraire distribuent aux larves des aliments stomodéal et proctodéal : leurs pertes ne sont pas compensées par l'oophagie, mais seulement par le bois ingéré. Ainsi s'expliquerait leur amaigrissement considérable, surtout marqué chez la femelle, qui fournit la substance des œufs. Ces expériences suggèrent que l'arrêt de la ponte dans les colonies normales est dû plutôt à un épuisement des réserves nutritives des fondateurs, causé par l'élevage des larves, qu'à un cycle interne de la femelle.

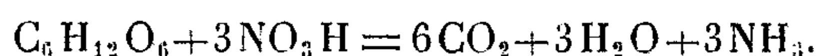
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Utilisation de l'oxygène nitrique par les bactéries aérobies strictes. Cas de* Bacillus megatherium. Note de MM. **Maurice Lemoigne**, **Jean-Paul Aubert**, **Paul Bréchot** et Mlle **Regina Tinelli**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les bactéries anaérobies facultatives sont capables de vivre en anaérobiose si le milieu contient un accepteur d'hydrogène, notamment un nitrate. Au contraire les bactéries aérobies strictes ne le peuvent pas alors même qu'elles réduisent l'azote nitrique en azote ammoniacal ou organique : elles ont un besoin impérieux d'oxygène libre.

Nous avons recherché ce que devient l'oxygène nitrique au cours de la croissance lors de la réduction du nitrate par ces organismes aérobies, en envisageant le cas le plus simple, celui de *Bacillus megatherium*, qui limite strictement l'attaque du nitrate à ses besoins azotés (1).

Deux hypothèses sont plausibles :

1° *Hypothèse* I. — La réduction du nitrate exige une consommation supplémentaire de glucose. C'est la conception généralement admise (2), (3), (4), (5). On suppose alors l'existence de la réaction suivante :



$$C_6H_{12}O_6 + 3NO_3H = 6CO_2 + 3H_2O + 3NH_3.$$

(1) M. Lemoigne, R. Gavard, M. Croson et M. le Treis, *Ann. Inst. Pasteur*, **73**, 1947, p. 725.

(2) O. Warburg et E. Negelein, *Biochem. Z.*, **110**, 1920, p. 66.

(3) E. Terroine et R. Wurmser, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **4**, 1922, p. 519.

(4) S. R. Hoover et F. E. Allison, *J. biol. chem.*, **134**, 1940, p. 181.

(5) H. Tamiya, *Actualités scient. et ind.*, n° **214**, Paris, 1935.

Ainsi, 1g d'azote nitrique réduit correspond à 4g,28 de glucose, 3g,42 d'oxygène nitrique consommés et 6g,23 de CO_2 dégagés.

2° *Hypothèse* II. — La réduction du nitrate n'exige pas une consommation supplémentaire de glucose. L'oxygène nitrique sert d'accepteur d'hydrogène au même titre que l'oxygène de l'air. Cette hypothèse implique l'égalité entre la quantité d'oxygène consommé dans les cultures sur sel d'ammonium et la somme oxygène de l'air + oxygène du nitrate dans les cultures sur nitrates. Elle exclut un dégagement supplémentaire de CO_2. Notons que Jacquot [6] avec *Sterigmatocystis nigra*, trouve en présence de nitrate un dégagement de CO_2 supplémentaire qu'il attribue, non pas à la présence du nitrate, mais à la formation d'acide oxalique résultant d'un pH plus élevé.

Nous avons cultivé deux souches de *Bacillus megatherium* sur milieu synthétique liquide glucosé, la source d'azote étant soit un sel d'ammonium soit du nitrate de potassium. L'atmosphère confinée n'entrave pas le développement des cultures qui sont arrêtées bien avant que l'épuisement du glucose et de l'oxygène libre joue le rôle de facteur limitant.

Le tableau ci-dessous rapporte les résultats expérimentaux et les valeurs correspondantes théoriques calculées d'après les hypothèses I et II. La composition des bactéries, en polyoside, lipide β-hydroxybutyrique et azote, identique sur les deux substrats, justifie le mode de calcul employé.

Substrat azoté.	Glucose consommé (*).	O_2 total (*).	CO_2 (*).	Azote (*).	pH initial.	pH final.
Souche A :						
Carbonate d'ammonium : trouvé..	187	75	–	6,15	7,5	6,1
Nitrate de potassium, calculé, hypothèse I.	213	96	–	–	–	–
Nitrate de potassium, calculé, » II.	187	75	–	–	–	–
Nitrate de potassium, trouvé..............	191	74	–	6,20	5,8	7,3
Souche B :						
Phosphate d'ammonium : trouvé.	213	57,5	100	6,0	6,8	5,0
Nitrate de potassium, calculé, hypothèse I.	239	78	138	–	–	–
Nitrate de potassium, calculé, » II.	213	57,5	100	–	–	–
Nitrate de potassium, trouvé..............	217	58,5	108	6,0	6,3	6,9

(*) Ces résultats, moyennes de nombreuses expériences, sont exprimés en milligrammes pour 100mg de matière sèche.

Ces résultats expérimentaux s'accordent bien avec l'hypothèse II. Dans le cas de *Bacillus megatherium*, bactérie qui limite la réduction du nitrate à ses seuls besoins protéiques, cette réduction n'exige pas une consommation

[6] *Trav. Inst. Phys. gen. Univ. Strasbourg*, Lons-le-Saunier, 1936.

supplémentaire de glucose. Il convient de noter, qu'avec cet organisme aérobie strict, en cultures glucosées sur nitrate, 28 à 35 % des besoins en oxygène sont couverts par l'oxygène combiné.

PHARMACODYNAMIE. — *Effet, sur la tuberculose expérimentale de la Souris, des esters de diméthylaminoéthanol en fonction de la longueur de la chaîne grasse de l'ester*. Note (*) de MM. **Israël Grundland** et **Albert Rakoto Ratsimamanga**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les esters de diméthylaminoéthanol HCl (0,25 M moles/kg/jour) exercent, sur la tuberculose expérimentale de la Souris, une action d'autant plus marquée que le reste carboné de l'ester est plus important.

Dans une série comportant des esters butyrique, laurique, myristique, palmitique et béhénique de diméthylaminoéthanol HCl, les premiers termes aggravent la tuberculose (l'ester butyrique de 19 %) alors que l'ester béhénique détermine une protection de + 68 % ($s.t_{50}$ témoin = unité).

Récemment, l'un de nous a mis en évidence l'adhésion entre les chaînes polyméthyléniques des lipides et de leurs homologues venant de constituants du bacille de Koch (1). Il a pu également vérifier (2) que des substances organiques, de même groupement polaire, mais dont le reste carboné variait de C_4 à C_{22}, donnent, dans l'eau, avec l'acide mycolique (extrait des graisses du B. K.) des complexes, se dispersant dans ce milieu, apportant ainsi la preuve de la possibilité de modifier, par rapport aux molécules environnantes, le caractère lipidique du B. K. Nous avons supposé qu'il en découlait également la possibilité de réduire les manifestations pathologiques provoquées par ce bacille.

En effet, on pouvait traduire sur le plan cellulaire l'adhésion entre chaînes paraffiniques réciproques par une forte affinité des graisses du bacille pour les graisses protoplasmiques dispersées dans les cénapses lipido-protéiques. Il en résulterait la rupture de ces cénapses et le regroupement des graisses cytoplasmiques autour de celles du bacille, expliquant ainsi la formation du caséum (3). Anderson (4) a montré que des acides gras extraits des lipides du B. K. provoquent des lésions tuberculeuses, et l'un de nous (5), utilisant des acides gras synthétiques $\alpha - \alpha_1$ disubstitués, a réalisé, chez l'animal, des lésions de même nature. Toute atténuation du caractère lipidique du bacille devait entraîner une diminution de l'affinité pour les autres lipides, et à nos yeux, une diminution du pouvoir pathogène.

(*) Séance du 3 mai 1950.

(1) I. Grundland et D. Luzzati, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 981.

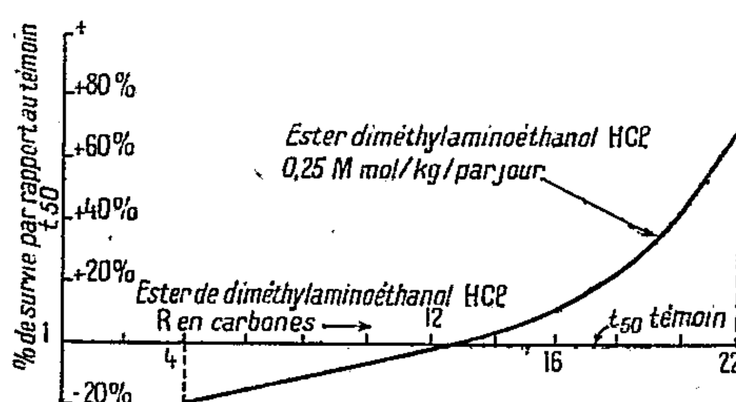
(2) I. Grundland, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 838.

(3) I. Grundland, H. Bulliard et M. Maillet, *Congrès des anatomistes de Louvain*, avril 1950.

(4) *Fortschr. Chem. Org. Nat.*, 3, 1939, p. 145.

(5) Buu-Hoi et A. Rakoto Ratsimamanga, *C. R. Soc. Biol.*, 137,, 1943, p. 189.

La possibilité de modifier l'aspect extérieur et le comportement des graisses du B. K., par introduction d'un écran polaire, étant démontrée (²), l'importance de la longueur de la chaîne grasse (de l'ester) dans la formation de ces complexes a été relevée (⁶). On sait, d'autre part, d'après les travaux de divers auteurs (⁷), que certaines molécules s'avèrent d'autant plus actives sur les cultures du B. K. que la longueur de la chaîne grasse du substituant augmente.



Nous avons entrepris de vérifier sur la tuberculose expérimentale des animaux la justesse de l'hypothèse de travail qui découle des faits cités, à savoir qu'une atténuation du caractère pathogène du B. K. devait résulter de l'addition des chlorhydrates des esters de diméthylaminoéthanol, et ceci d'autant plus que la longueur de la chaîne grasse de l'ester utilisé croissait.

Des souris, pesant 20^{g}, étaient infectées par groupe de 11 animaux par voie intra-veineuse et intra-péritonéale, avec 0^{mg},5 de B. K. souche H37RV dans 0$^{cm^3}$,2 par animal. A part le groupe témoin, cinq autres groupes ont été traités trois fois par semaine, par injections sous-cutanées avec des chlorhydrates des esters butyrique, laurique, myristique, palmitique et béhénique de diméthylaminoéthanol, à des concentrations de 0,25 M moles/kg/jour. La durée de survie de 50 % [$= t_{50}$] (⁸) des souris traitées par rapport aux témoins, montre une protection d'autant plus marquée que le reste carboné de l'ester employé était plus important (les premiers termes étant même franchement nocifs et aggravant la tuberculose par rapport au témoin-lésions disséminées).

Le béhényldiméthylaminoéthanol, à une concentration de 0,25 M moles par kg par jour, détermine une protection à t_{50} de + 68 % par rapport au témoin, l'ester palmitique 7,5 % ; l'ester laurique, étant nocif, provoque une aggravation de 2 % et l'ester butyrique de 19 %.

(⁶) La dispersion dans l'eau visait, outre la démonstration d'une affinité acquise pour la phase aqueuse du complexe, à déterminer la possibilité de diffusion et partant, d'une élimination possible de cet ensemble. On devait, à ce propos, nécessairement s'attendre à un décalage dans la valeur de la masse susceptible d'être véhiculée par le sérum vers des poids moléculaires plus élevés.

(⁷) Büchi, Hurni et Lieberherr, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1806.

(⁸) M. J. Baker, M. E. Schlosser et H. J. White, *Annals of N. Y. Acad. of Sciences*, 52, 1949, p. 678.

MICROBIOLOGIE. — *Le facteur bactériostatique des lysats bactériophagiques.* Note de M. **Robert Wahl** et Mme **Jacqueline Josse-Goichot**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons montré que les bactéries produisent sous l'influence des bactériophages un facteur bactériostatique spécifique, différent des antibiotiques connus.

Nous avons montré dans une Note précédente (¹) qu'il existe dans certains lysats bactériophagiques, riches en produits bactériens, un facteur bactériostatique (F. B.). Nous étudions ici ses propriétés et son champ d'activité. Son test de présence dans le lysat débarrassé de phages est la bactériostase de la souche B_2 (8L). L'association du F. B. et du phage produit la bactériolyse.

Au niveau d'une goutte d'un lysat actif, déposée sur un étalement de la bactérie résistante, sur gélose, la bactériostase ou la bactériolyse est définitive. Cette action des lysats riches en produits bactériens explique un phénomène paradoxal, que l'on observe avec les lysats ordinaires, inactifs sur les bactéries résistantes : en déposant des gouttes de ceux-ci à différentes dilutions, on a parfois moins de colonies résistantes après la lyse de la souche sensible sur gélose par un lysat dilué que par le même lysat non dilué. C'est que dans le premier cas, les bactéries sensibles ont le temps de se multiplier beaucoup plus avant d'être atteintes par les phages, ce qui équivaut à la production *in situ* d'un lysat riche en produits bactériens actifs sur les bactéries résistantes. L'explication vaut probablement pour des faits analogues déjà observés auparavant par Pierre Nicolle (²) avec un phage du staphylocoque.

La concentration du F. B. dans les lysats est fonction du nombre de bactéries sensibles qui ont servi à leur préparation. Dans les cas les plus favorables, les lysats, en présence de phages, étaient bactériolytiques jusqu'à la dilution au 1/8, bactériostatiques au 1/10, sans action au delà. Débarrassés de phages, les lysats sont bactériostatiques jusqu'au 1/10. Sur gélose, plus le lysat est dilué, plus l'activité est partielle (de l'absence totale de culture aux colonies confluentes), le F. B. peut donc inhiber totalement une culture, alors que le phage laisse toujours une culture secondaire. La quantité de bactéries bactériostasées ou lysées est donc fonction de la concentration du F. B.

Le F. B. est diffusible. — Une goutte de lysat $8L/B_2$ est déposée dans un tube de Heatley sur la souche B_2(8L). Une auréole de lyse s'étend progressivement pendant les premières heures, atteignant au bout de 18 heures une largeur de 2^{mm}.

Le F. B. *est très sensible à la chaleur.* Il est détruit à 50° en une demi-heure

---

(¹) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1225.
(²) *Ann. Inst. Pasteur*, **76**, 1949, p. 381.

beaucoup plus lentement à 37° où il résiste pendant 18 heures, puis est inactivé en 36 heures. Il se conserve bien à la glacière.

Il résiste à l'acidité jusqu'à pH 5,6.

Il n'agit pas sur les bactéries tuées ni sur les cultures âgées. Une goutte déposée sur la souche B_2(8L) dans les deux premières heures, donne une bactériostase totale. Elle est presque totale si elle l'a été 2 heures après; très incomplète au bout de 4 heures; nulle au delà.

Champ d'activité et réactions croisées. — Le F. B. *est actif sur la souche sensible qui a servi à sa préparation.* Cette action, masquée habituellement par celle des phages, est mise en évidence en déposant sur un étalement de la souche B_2 une goutte de lysat (8L) B_2 débarrassé des phages par adsorption sur germes sensibles tués. C'est là un fait important qui pose la question de l'intervention possible du F. B. dans la bactériophagie normale. Nous n'avons réussi à préparer des lysats bactériostatiques et bactériolytiques qu'avec *certaines souches de Str. lactis et certains phages.* Ainsi les lysats riches en produits bactériens $4P/I_3$ et $8L/I_9$ n'avaient aucune action sur les résistants I_{3r}(4P) et I_{9r}(5L). Le F. B. du lysat $8L/B_2$ est actif sur trois mutants de la souche B_2, résistants à des phages du même groupe que 8L, et sur des mutants de la souche I_1, d'un type proche de B_2 au point de vue de la sensibilité aux phages. Par contre, il n'agit pas sur les souches appartenant aux autres types de notre collection, qui occupent une place très éloignée de B_2 dans la classification par les phages. Le F. B. agit donc très spécifiquement sur certaines souches et pourrait être adjoint aux phages comme moyen de classification.

Origine du facteur bactériostatique. — Il ne provient ni du phage seul, comme la substance lytique d'Anderson ([3]), ni des bactéries seules; en effet sa concentration dans un lysat est fonction du nombre de bactéries lysées et l'on ne peut l'extraire des bactéries ni des milieux où elles ont poussé; tous les essais dans ce sens [filtration de cultures âgées à pH 7,6; emploi de la méthode d'Oxford ([4]), qui a extrait de cultures de Str. lactique des antibiotiques; destruction des bactéries par ultrasons].

C'est donc un produit du métabolisme bactérien modifié par l'action inductrice spécifique du phage.

Résumé. — Le F. B. explique certains paradoxes de la bactériophagie; il est caractérisé par sa résistance aux agents physiques, par son action spécifique sur certains groupes de souches, résistantes ou sensibles. C'est un produit de la bactérie modifiée par le phage.

([3]) *J. Cell. comp. Physiol.*, 25, 1945, p. 1.

([4]) *Bioch. J.*, 38, 1944, p. 178.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la diapédèse et l'œdème inflammatoires, phénomènes dissociables.* Note (*) de MM. **Albert Delaunay**, **Élie Foucquier** et Mlle **Yvonne Bardou**, présentée par M. Gaston Ramon.

Des tissus embryonnaires de Veau et les placentas correspondants ont été broyés au mortier et repris par de l'eau physiologique en solutions concentrées. Ces préparations ont été ensuite centrifugées à grande vitesse et les liquides surnageants recueillis; de teinte brune, ils avaient une consistance assez visqueuse. Injectés à la dose de $0^{cm^3},5$, dans la peau de Cobayes, tous ces liquides ont déterminé localement, en moins de 6 heures, une très forte émigration de polynucléaires sanguins. Ce fait nous a intéressés car il indiquait que les extraits de tissus embryonnaires provoquent des diapédèses beaucoup plus intenses que des extraits de tissus adultes (1).

Pour rechercher la raison de cette différence d'activité, nous avons désalbuminé nos extraits embryonnaires et placentaires avec de l'acide trichloracétique 2N. Aux liquides surnageants qui frappaient par leur opalescence, nous avons ajouté une quantité égale d'acétone. De gros précipités floconneux se sont aussitôt formés. Les substances précipitées, qui étaient constituées par des polysaccharides et des mucopolysaccharides, ont été recueillies par centrifugation, lavées, desséchées, enfin remises en solution dans de l'eau physiologique. Les préparations ainsi obtenues ont été injectées dans la peau de nouveaux cobayes. De même que les extraits embryonnaires ou placentaires totaux, elles ont déclenché localement une réaction leucocytaire très vive.

Dans un travail antérieur (2), l'un de nous avait insisté sur le pouvoir chimiotactique particulièrement élevé qu'exercent sur les globules blancs (*in vivo*) des polysaccharides comme l'amidon, le glycogène ou la gomme arabique. Par exemple, une solution de glycogène, injectée dans la peau du cobaye, y provoque un afflux de polynucléaires beaucoup plus important que celui qui succède à l'injection d'une solution de protéines également concentrée (1 mg/cm³). Les tissus embryonnaires étant beaucoup plus riches en polysaccharides que les tissus sains, il paraît raisonnable de faire dépendre leur action sur la diapédèse de leur haute teneur en substances sucrées.

Les substances polysaccharidiques qui influencent si nettement les réactions leucocytaires sont-elles en même temps capables d'augmenter la perméabilité

(*) Séance du 3 mai 1950.

(1) A. Delaunay, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 205.

(2) A. Delaunay, *Rev. Immunol.*, 5, 1940-1941, p. 307.

des membranes capillaires? Nous avons essayé de répondre à cette question par les expériences suivantes. Des lapins albinos ont reçu sous la peau de l'abdomen, et en injection sous-cutanée, soit des solutions de glycogène (plus ou moins concentrées), soit des solutions de mucopolysaccharides embryonnaires. Aussitôt après, nous avons introduit, dans la circulation sanguine des animaux, 10^{cm^3} d'une solution de bleu trypan à 1 %; on sait que ce colorant filtre normalement avec lenteur dans le tissu conjonctif, mais qu'il s'accumule au contraire rapidement en tous points du tégument où siège une augmentation de la perméabilité capillaire; ainsi, se forme localement une tache bleue plus ou moins foncée. Une réaction de cet ordre a fait totalement défaut chez les lapins traités par des substances polysaccharidiques. Aux points d'injection, la peau a conservé sa teinte rose naturelle. Glycogène et mucopolysaccharides sont donc à la fois capables de provoquer une diapédèse intense et incapables d'augmenter la perméabilité des membranes capillaires.

Ce fait nous paraît d'autant plus digne d'être mentionné qu'il vient confirmer nos observations précédentes sur la dissociation possible de deux des manifestations vasculaires les plus importantes de la réaction inflammatoire : la production d'œdème et la diapédèse ([3]). Sans doute, dans quelques cas, ces deux réactions peuvent être produites expérimentalement par un seul et même facteur : *leukotaxine* de Menkin, polypeptides de Chain et Duthie. Néanmoins, plus souvent, on parvient à déterminer l'une sans déclencher l'autre. Ainsi, le badigeonnage de la peau du Lapin par le toluène, qui augmente dans une proportion considérable la perméabilité capillaire, n'entraîne pas localement une diapédèse de polynucléaires, et les endotoxines bactériennes, qui inhibent totalement l'immigration des leucocytes sanguins, ne suppriment pas également la formation d'œdème dans les tissus irrités. Au contraire, nous venons de voir que des produits très actifs sur la diapédèse, comme les constituants polysaccharidiques, ne rendent pas les parois endothéliales anormalement perméables aux substances dissoutes macro-moléculaires. Ajoutons qu'œdème inflammatoire et diapédèse constituent deux processus qui peuvent encore être dissociés dans le temps. Le premier est d'apparition précoce mais de courte durée ([3]). Le second survient toujours avec un certain retard, mais il continue d'évoluer pendant des heures et même des jours.

([3]) *Société Anatomique*. Communication du 5 janvier 1950 (article à paraître dans *Pathologie*).

IMMUNOLOGIE. — *La réaction à la résorcine de Vernes et l'immunisation contre la tuberculose des Bovins.* Note de MM. **Henri Drieux** et **Jean-Pierre Thierry**, présentée par M. Gaston Ramon.

On sait qu'il est possible de prémunir les Bovins contre la tuberculose en les soumettant en temps voulu à la vaccination par le B. C. G.

Malheureusement les sujets ainsi vaccinés réagissent positivement à l'épreuve de la tuberculination comme les animaux tuberculeux. Ils sont ainsi confondus avec ces derniers et mis comme eux hors commerce, ce qui est un obstacle à la généralisation de l'emploi du B. C. G. en médecine vétérinaire.

C'est ici que prennent rang les indications de la réaction à la résorcine de Vernes pour la tuberculose des Bovins, réaction des plus simples puisqu'il suffit d'ajouter à $0^{cm^3},8$ de sérum sanguin le même volume d'une solution de résorcine à $2^g,25$ %, de laisser le mélange pendant 4 heures à la température ambiante, puis de mesurer au photomètre l'opacité qui s'est produite (1).

Nous avons appliqué cette réaction à un petit troupeau de bovins de race bretonne mis en expérience au Laboratoire National des Recherches Vétérinaires d'Alfort.

Les animaux, préalablement reconnus indemnes de tuberculose par l'épreuve de tuberculination, ont été répartis en deux lots, l'un servant de témoin, l'autre soumis à la vaccinatian par le B.C.G. Le sang a été récolté régulièrement le matin et immédiatement transporté à l'Institut Prophylactique de Paris où toutes les réactions à la résorcine ont été effectuées sous le contrôle de M. Arthur Vernes. Ces réactions ont été mises en œuvre sur le sérum décanté et au besoin ultracentrifugé 24 heures après la récolte de sang.

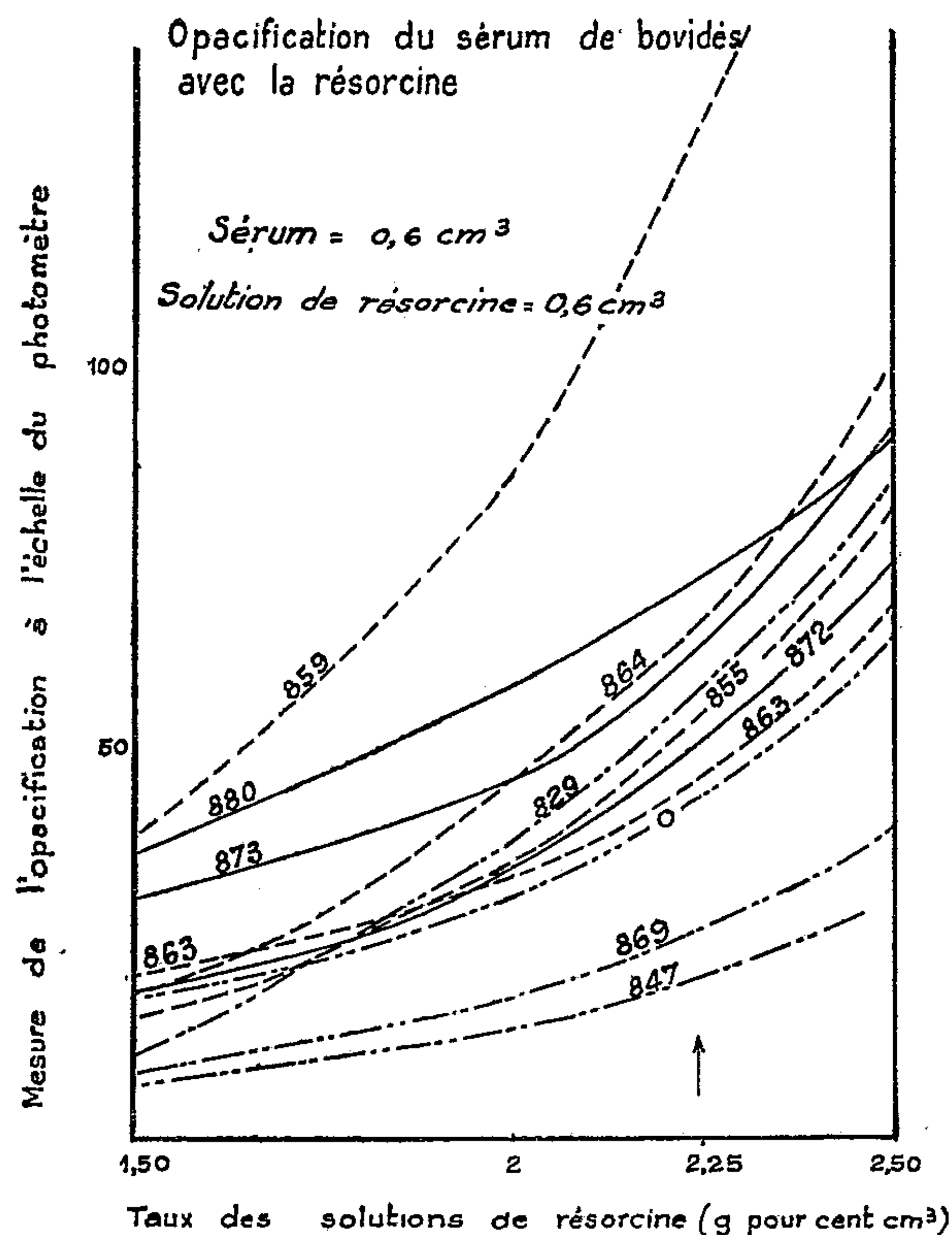
Ainsi que le montre la figure ci-après empruntée à M. Arthur Vernes, si on laisse s'écouler après la vaccination par le B.C.G. un certain délai qui ne soit pas inférieur à quatre ou cinq semaines, le sérum des animaux vaccinés se comporte comme celui des animaux indemnes de tuberculose.

A titre de contrôle nous avons éprouvé, par la réaction à la résorcine, des bovins expérimentalement inoculés avec une souche virulente de bacilles tuberculeux de type bovin. Chez ceux-ci, lorsque leur état général est défectueux, la courbe de l'opacification du sérum affecte une allure différente de celle des animaux neufs ou de ceux vaccinés à l'aide du B.C.G.

---

(1) Rappelons que dans le Vernes-Résorcine pour la tuberculose humaine la solution de résorcine doit être de $1^g,25$ %.

Nous avons pu également contrôler ces résultats en utilisant le sérum d'une vache atteinte de tuberculose spontanée. Ici encore la courbe d'opacification s'est révélée différente de celle des sujets indemnes ou vaccinés.



Cette figure montre ce qui se passe pour les Bovins. La flèche indique l'optimum de différenciation avec une partie de sérum sanguin et une partie de solution de résorcine à 2g,25 %. Les vaches 872, 873 et 880 (traits pleins) sont indemnes de tuberculose. Les vaches 0 et 829 ont été inoculées avec un bacille tuberculeux pleinement virulent mais sont toujours restées en très bon état d'entretien. La vache 847 a été inoculée avec un bacille tuberculeux pleinement virulent; son état général est très défectueux. La vache 869 était atteinte de tuberculose spontanée; elle est morte en état de cachexie avancée avec lésions étendues de tuberculose. Les vaches 863, 855, 864 et 859 ont été vaccinées par le B. C. G. : leurs courbes d'opacification se situent dans la même zone que celle des vaches indemnes.

Étant donnée la sévérité de l'infection tuberculeuse de notre cheptel et les pertes économiques considérables qui en résultent, il nous a paru utile de faire connaître ces premiers résultats expérimentaux.

S'ils se trouvent confirmés par des observations que nous souhaitons faites sur une plus vaste échelle, la conclusion suivante pourrait être considérée comme acquise : *les Bovidés immunisés par le B. C. G. réagissent à l'épreuve de la tuberculination* comme les sujets spontanément atteints de tuberculose, mais ils

répondent à la réaction de Vernes à la résorcine à la manière des animaux indemnes de toute infection par le bacille de Koch.

C'est dire ce que l'on peut attendre de la réaction à la résorcine de Vernes pour la valorisation du B. C. G. vétérinaire et pour la diffusion de ses bienfaits.

PATHOLOGIE DES INSECTES. — *Action de* Bacillus larvæ *W., agent pathogène de la Loque maligne des larves d'Abeilles sur les chenilles de* Galleria melonella *L.* Note de M. **Constantin Toumanoff**, présentée par M. Emile Roubaud.

Forte immunité des chenilles de la mite des abeilles *Galleria melonella* L. contre *Bacillus larvæ* W., agent de la Loque maligne. Les bacilles détruits après injection à doses massives dans le corps des chenilles, libèrent une endotoxine provoquant leur mort en condition stérile. Résultats analogues avec l'endotoxine obtenue par le chauffage.

L'agent pathogène de la Loque américaine (*Bacillus larvæ* White) est virulent pour les larves d'Abeilles, mais son action sur d'autres Insectes n'a été que très peu étudiée. Antérieurement ([1]), j'ai relaté quelques indications à ce sujet. J'ai cru intéressant d'étudier l'action de *Bacillus larvæ* W. sur les chenilles de la teigne des ruches *Galleria melonella* L.

Il est reconnu que les chenilles présentent une forte immunité naturelle contre un grand nombre de microbes pathogènes pour l'homme et les animaux domestiques; par contre elles sont très sensibles à l'injection de doses faibles de microbes saprophytes. La plupart des agents pathogènes des maladies microbiennes des Lépidoptères appartiennent à la famille des *Bacillaceæ* et sont apparentés aux *Bacillus megatherium*, *B. subtilis*, etc. L'injection de doses minimes de ces microbes provoque chez les chenilles de *Galleria* l'infection et la mort quelques heures plus tard ([2]).

Dans les expériences relatées ci-après, je me suis servi de cultures de *Bacillus larvæ*, sur milieu au jaune d'œuf de White.

J'ai constaté que les chenilles de *Galleria melonella* au dernier âge, supportent l'injection de doses très fortes de *Bacillus larvæ*. 1/100 de centimètre cube d'une dilution de culture jeune comprenant des formes végétatives, ne provoque qu'une mortalité d'environ 40 % chez les insectes en expérience. L'inoculation de 3/100 de centimètre cube de la même dilution élève la mortalité parfois à 60 %. Les doses faibles sont généralement sans effet.

([1]) *Les maladies des Abeilles*, Paris, 1930.

([2]) S. Metalnikov, *L'infection et l'immunité chez la mite des Abeilles* (Galleria melonella), Paris, *Monogr. de l'Institut Pasteur*, 1927.

L'étude du sang des *Galleria* inoculées m'a permis de constater qu'après l'injection de 1/100 et de 3/100 de centimètre cube de la suspension bactérienne précédente, se produit une très forte phagocytose et le plus souvent, *la destruction totale des bacilles*, aussi bien chez les individus qui survivent que chez ceux qui succombent à l'injection.

Chez ces derniers, la mort ne survient guère, à la température de 30° C, que de 4 à 6 jours après l'injection; elle est précédée de symptômes de parésie.

Les insectes meurent étendus sur la face ventrale et lorsqu'on les laisse dans le récipient où il sont placés, leur corps prend une coloration jaune, puis se recouvre d'une exsudation brune; ils adhèrent au fond du récipient, soit par l'extrémité postérieure, soit par toute la face ventrale. L'aspect des chenilles mortes après les injections massives du bacille de la Loque américaine est différent de celui qu'on observe dans le cas d'injections mortelles d'autres microbes.

Le plus souvent, aucun microbe n'a été découvert, de 24 à 48 heures après l'injection, dans le sang des chenilles malades; pas davantage *post mortem*; la maladie n'attestait donc pas un caractère de septicémie, comme d'ordinaire après l'injection, aux *Galleria*, d'autres microbes entomophytes ou saprophytes.

L'examen du sang montre, chez les insectes inoculés massivement de *B. larvæ* et souffrant de leur injection, une forte dégénérescence des cellules sanguines, leur phagolyse progressive et parfois leur disparition totale. La prise de sang peu avant la mort ou *post mortem* est difficile, le contenu de la cavité du corps se transformant en une masse amorphe graisseuse.

Ces expériences m'ont conduit à conclure que la destruction totale des bacilles dans les leucocytes s'accompagne de la mise en liberté d'une substance toxique provoquant des phénomènes morbides et l'histolyse prononcée des tissus.

La mort en condition stérile des *Galleria*, à la suite d'injections de doses massives de *Bacillus larvæ*, apparaît due à la libération d'une endotoxine, dont l'existence n'a pas été signalée, à notre connaissance, pour ce germe pathogène. Nous avons, d'autre part, pu obtenir directement cette endotoxine par le chauffage des suspensions de *B. larvæ* W., La mortalité observée chez les chenilles injectées avec des suspensions chauffées pendant une heure à 60°C ne dépassait pas 10 %. Elle s'est élevée à 25 % en utilisant des suspensions chauffées à 120° pendant 10 à 15 minutes.

L'endotoxine de *B. larvæ* peut donc être obtenue par chauffage, mais sa toxicité pour les chenilles est alors relativement réduite. L'injection de cultures chauffées, lorsqu'elle provoquait la mort des chenilles, donnait lieu aux mêmes symptômes qu'avec l'inoculation de doses massives du germe.

La production d'une endotoxine par *B. larvæ* pourrait avoir un grand intérêt pour l'exploitation de certains faits relatifs à la pathogénie de la loque et à l'immunité naturelle acquise chez les larves d'Abeilles contre cette infection. Nos résultats montrent que, par son action sur les chenilles de *Galleria melonella* L., le *B. larvæ* diffère des autres microbes entomophytes et confirment que ce bacille, dont les propriétés biologiques ont été déjà bien étudiées en milieu de culture, représente une entité tout à fait spéciale.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Trois cas de fièvre exanthématique provoquée par* Rickettsia Burneti *en Oubangui-Chari* (*Afrique équatoriale française*). Note de MM. **Paul Le Gac** et **Paul Giroud**, présentée par M. Émile Roubaud.

Pour la première fois en A. E. F. une souche de *R. burneti* est isolée de cas de fièvre exanthématique s'accompagnant de phénomènes pulmonaires. La souche provoque chez le Singe une maladie souvent mortelle s'accompagnant d'éruption comme la maladie humaine. La constitution antigénique de cette souche apporte la preuve de l'identité de la souche humaine de Bangui et des souches de Fièvre Q authentiques.

Étudiant depuis plusieurs années les affections exanthématiques de l'Oubangui-Chari, région tropicale où les troupeaux de bovidés sont assez nombreux, nous avons isolé, en février et avril 1949, trois souches de *R. burneti* correspondant chacune à un même type clinique.

La maladie clinique. — Il s'agissait d'européens habitant Bangui qui présentaient tous trois une éruption écarlate massive, surtout marquée au niveau du visage; l'exanthème de la face s'étend ensuite au cou, au thorax, aux membres supérieurs, au dos et enfin au reste des téguments. Il n'y a pas d'escarre d'inoculation. Il existe un énanthème du voile du palais et du pharynx, ainsi qu'une légère réaction conjonctivale et de la photophobie. Comme autres signes cliniques, on note des adénopathies surtout marquées au niveau des chaînes ganglionnaires cervicales; la langue est blanche, rotie à la pointe; il y a quelques nausées, de la constipation; le pouls est en concordance avec la température qui se maintient à 39°; le foie et la rate demeurent normaux. Au cours de l'affection on a toujours noté une atteinte de l'appareil pulmonaire (congestion des bases). Une huitaine de jours après le début de l'affection, les malades reprennent leurs occupations.

---

(1) Nous avons rapporté ces faits en même temps que ceux constatés par G. Blanc à la Réunion des Experts des Rickettsioses, en février 1950, à Brazzaville. Nous avions à la même époque transmis à Paris ces observations dont la publication avait été réservée.

Le comportement des animaux inoculés. — La difficulté de suivre les animaux inoculés nous a amenés à adopter la technique suivante : le sang des sujets suspects, prélevé dans les premiers jours de la maladie (2e et 3e), était inoculé au lit du malade. Les cobayes ainsi préparés étaient expédiés par avion à Paris où ils étaient suivis 24 heures après, au point de vue température.

Cobayes. — Les cobayes ne présentaient le plus souvent pas d'hyperthermie; cependant chez certains d'entre eux on a noté une poussée thermique vers le 17e jour, avec perte de poids et des signes certains de réactions péritonéales (difficulté de descente des testicules dans le scrotum).

A l'examen microscopique des organes on constate, au premier passage, des cellules à enclaves et des corps homogènes; le deuxième passage révèle des éléments d'allure rickettsiforme à l'intérieur des cellules; au troisième passage on voit des rickettsies intracellulaires. Nous insistons sur la morphologie de ces éléments, remarquablement colorés au Macchiavello, apparaissant à la limite de la visibilité comme de véritables granules, d'autres fois, au contraire, donnant l'aspect de longs filaments recourbés.

Au cours des passages ultérieurs les signes présentés par les cobayes se fixent : abondant exsudat péritonéal, absence de signe Neil-Mooser, hypertrophie de la rate, congestion des poumons: le foie et la rate sont bourrés de rickettsies. Les cobayes meurent en 12 jours, après une hyperthermie parfois très élevée.

Rat blanc. — Les rats inoculés par voie péritonéale avec des organes (vaginale, rate) présentent une température de 38° les 3e et 4e jours. A l'autopsie, on observe un exsudat péritonéal, la rate est grosse. On peut y mettre en évidence, ainsi que dans le foie, des quantités considérables de rickettsies.

Lapin. — Le lapin inoculé par voie intradermique présente des réactions locales remarquables qui permettent le contrôle comparatif du pouvoir pathogène des souches, en même temps qu'il présente une maladie généralisée avec hyperthermie. Inoculé par voie intrapéritonéale, le lapin fait une réaction fébrile.

Singe. — Deux cynocéphales inoculés par voie intrapéritonéale avec la rate d'un cobaye de passage, font tous deux, après une hyperthermie transitoire, *une éruption punctiforme, particulièrement importante* chez un singe qui meurt en hypothermie au 11e jour. Cette éruption est localisée aux genoux, à l'abdomen, à la tête, à la face antérieure des bras et postérieure des jambes.

Souris. — Les richettsies de cette souche ne se cultivent pas au niveau du poumon chez la Souris inoculée par voie nasale. Cet animal se comporte vis-à-vis de la souche Bangui comme les rickettsies des diverses souches de la Fièvre Q que nous avons utilisées.

Propriétés antigéniques des souches isolées. — En partant des organes broyés de cobayes et de rats, on a pu, par agitation en liquide non miscible,

suivant la technique que l'un de nous a publiée en 1942 avec M. L. Giroud et M. Meunier, arriver à obtenir des suspensions de rickettsies de la souche Bangui, pour la comparer, au point de vue constitution antigénique, avec la souche américaine Fièvre Q (Nine Mile). Le sérum des deux singes agglutinant la souche homologue au 1 : 160, l'un agglutine la souche Nine Mile au 1 : 80. Le lapin inoculé par voie intradermique agglutine la souche Bangui rat au 1 : 160 et la souche Fièvre Q Nine Mile œuf au 1 : 40. Le lapin inoculé par voie péritonéale agglutine la souche Bangui et Nine Mile au 1 : 640, la souche boutonneuse au 1 : 80, l'épidémique au 1 : 20 et le typhus murin au 1 : 40.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 14 décembre 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Dov Tamari*, Les images homomorphes des groupoïdes de Brandt et l'immersion des semi-groupes :

Page 1293, 2e ligne, au lieu de *image homomorphe d'une partie d'un* $\mathcal{B}$ (8), lire *partie d'une image homomorphe* (*sous-entendu : associative séparée*, voir *au-dessus*) *d'un* $\mathcal{B}$ (8).

(*Comptes rendus* du 3 avril 1950.)

Note présentée le même jour, de MM. *Pierre A. Barrucand* et *Serge Colombo*, Sur la fonction $\nu(t, n)$:

Page 1336, 4e ligne, *au lieu de* $P(t, m)$, *lire* $P(at, m)$.
» » 6e et 10e lignes, *au lieu de* $P(t, s)$, *lire* $P(at, s)$.
» » 8e ligne, *au lieu de* $(p+a)^{-1}$, *lire* $(p+a)^{-n-1}$.

(*Comptes rendus* du 24 avril 1950.)

Note présentée le 12 avril 1950, de M. *Henry Gault*, Mlles *Marguerite Dorgans* et *Anne-Marie Azières*, Sur une méthode de contrôle de la pureté de certains composés organiques.

Page 1529, 9e ligne, *après* ou bien, *supprimer les mots* d'un anneau et.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MARS 1950 (*suite et fin*).

Über die aktivität von proteolytischen und verwandten Enzymen einiger als Mycorrhizenpilze bekannten Hymenomyceten, von ELIAS MELIN und KARIN HELLEBERG, in *Biochemische Zeitschrift*. Berlin, Julius Springer, 1925; 1 fasc. 23cm.

Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. Eine ökologisch physiologische Studie, von ELIAS MELIN. Jena, Gustav Fischer, 1925; 1 vol. 24cm,5.

Studier över Barrträdsplantans utveckling i Råhumus. II. Mykorrhizans utbildning hos tallplantan i slika Råhumusformer, av ELIAS MERLIN. Extrait de *Meddelanden fråu Statens Skogsförsoksanstalt*, Häfte 23, nos 6-7. Stockholm, Centraltrykeriet, 1927; 1 vol. 29cm.

Biological and Practical Researches into blueing in pine and spruce, by T. LAGERBERG, G. LINDBERG and ELIAS MELIN. Extrait de *Svenska Skogsvårdsföreningens tidskrift* 1927, Häft. II, och IV. Stockholm, Centraltryckeriet, 1928; 1 vol. 25cm.

Mikroorganismernas aktivitet i några Skogstypers humustäcke, uttryckt genom kolsyreproduktionen, av ELIAS MELIN. Extrait de *Särtryck us Skogshögskolans fetskrift*. Stockholm, Centraltryckeriet, 1928; 1 fasc. 24cm,5.

Reprint from the Proceedings of the international Congress of forestry experimental stations, Stockholm 1929. Stockholm, Centraltryckeriet, 1930; 1 fasc. 23cm,5.

Biological Decomposition of some types of Litter from north american forests, by ELIAS MELIN. Reprinted from *Ecology*. Vol. XI, no 1, 1930; 1 fasc. 25cm,5.

Särtyck ur svenska Skogsvårds foreningens tidskrift 1934, Häfte I, II : *Activities of some fungi in the different horizons of forest duff, as measured by* Co_2 = *evolution*, by ELIAS MELIN; Häfte III, IV : *Researches into the blueing of ground woodpulp*, by ELIAS MELIN and J. A. MANNFELDT. Stockholm, Centraltryckeriet; 1 fasc. et 1 vol. 24cm,5.

Extraits de *Archiv für Mikrobiology*. Bd 4, Häfte 4, 1933 : *Zur frage des Antagonismus zwischen frei lebenden Mikroorganismen. Untersuchungen an Holzschliff*, von ELIAS MELIN; Bd 11, H. 3, 1940 : *Weitere Untersuchungen über die Wirchung von Aneurin und Biotin auf das Wachstum vom Wurzelpilzen*, von ELIAS MELIN und BIRGITTA NYMAN; Bd 12, H. 3, 1941 : *Über das Wuchsstoffbedürfnis von Boletus granulatus (L.) Fr.*, von ELIAS MELIN und BIRGITTA NYMAN. Berlin, Julius Verlag; 3 fasc. 23cm.

Växthormoner och deras betydelse, von ELIAS MELIN. Extrait de *Kungl. Lantbruksakademiens tidskrift*, LXXX, 1941; 1 fasc. 24cm,5.

Die Mikorrhizasymbiose der Waldbäume, von ELIAS MELIN. Zürich, 1945; 1 fasc. 23cm.

Antibacterial Substances in Water Extracts of Pure Forest Litter, by ELIAS MELIN and TORSTEN WIKÉN. Uppsala, Institute of physiological Botany, 1946; 1 feuille 22cm.

Antibiotic Agents in the Substrates from cultures of the genus Marasmius, by ELIAS MELIN, TORSTEN WIKÉN and KARIN OBLOM. Reprinted from *Nature*. Vol. CLIX, 1947; 1 feuille 21cm.

Recent advances in the study of tree mycorrhiza, by ELIAS MELIN. Reprinted from *Transactions of the british mycological Society*. Vol. XXX, 1948; 1 fasc. 25cm.

Amino Acids and the Growth of Lactarius deliciosus (L.) Fr., by ELIAS MELIN and BIRGITTA NORKRANS; *Effect of Some Amino Acids on the Growth of cenococcum graniforme*, by ELIAS MELIN and PEITSA MIKOLA. Reprinted from *Physiologia Plantarum*. Vol. I, 1948; 2 fasc. 25cm.

Determination of Biotin in beet molasses with neurospora crassa *shear and doddge as a test-organism*, by ELIAS MELIN and BIRGITTA NORKRANS. Reprinted from *Plant and Soil* I, n° 1, 1948; 1 fasc. 24cm.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1950.

Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene. Bd Vol. XXXIV, 1943: *Art. 234 der Schweiz. Lebensmittelverordnung im Lichte neuerer Pektinforschung*, von E. EICHENBERGER; *Pektin als Hochmolekularer Elektrolyt*, von HANS DEUEL; *Oxydativer Abbau des Pektins*, von HANS DEUEL; Bd Vol. XXXVI, 1945: *Das Verhalten kolloiddisperser Caruba-, Stärke-und Pektinlösungen im Strömungsdoppelbrechungs-Apparat*, von W. PILNIK; *Über die Bewertung von Filtrationsenzymen*, von F. WEBER und HANS DEUEL; Bd Vol. XXXVII, 1946: *Sur le dosage de l'acide citrique dans les vins, jus de fruits, concentrés*, etc., par CH. GODET et R. CHARRIÈRE; *Contribution à la connaissance des vins suisses*, par CH. GODET et L. MARTIN; Bd Vol. XXXVIII, 1947: *Les poids spécifiques de l'extrait des vins*, par CH. GODET et HANS DEUEL; Bd Vol. XXXIX, 1948: *Über Pektingele*, von HANS NEUKOMM; *Sur la concentration des moûts et la dilution des concentrés*, par CH. GODET; 10 fasc. 21cm.

Helvetica chimica Acta. Vol. XXVI. Fasc. VI: 179. *Oxydativer Abbau von Pektin in wässeriger Lösung. Viskosimetrische Bestimmungen*, von HANS DEUEL; Vol. XXVIII. Fasc. VI: 140. *Über die viskosität wässriger Lösungen von Pektinstoffen besonders von Natriumpektaten*, von HANS DEUEL und F. WEBER; Vol. XXIX. Fasc. VI: 233. *Über die Kinetik des enzymatischen Pektinabbaus. Bemerkungen zur Arbeit von G. Weitnauer*, von HANS DEUEL und F. WEBER; Vol. XXX. Fasc. V: 162. *Über die Einwirkung von Formaldehyd auf Pektinstoffe*, von HANS DEUEL; Vol. XXX. Fasc. VI: 190. *Über Glykolester der Pektinsäure*, von HANS DEUEL; 5 fasc. 23cm.

Schweizerische Medizinische Wochenschrift. Pektin, seine Reaktionen mit dem Blut, besonders die hämostatische Wirkung, von HANS DEUEL; 1 fasc. 22cm,5.

Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen, n° 12: *Kolloidchemische Probleme bei der Holzverzuckerung und bei der Verarbeitung der Holzzuckerwürzen*, von E. EICHENBERGER; 1 fasc. 23cm.

Kolloidchemisches Taschenbuch, 1943: *Ultramikroskopie*, von G. WIEGNER und HANS PALLMANN; VII. *Koagulation; Die quantitative Bestimmung der Teilchenzahlen und Teilchendurchmesser eines Sols im Spaltultramikroskop von Siedentopf-Zsigmondy*, von G. WIEGNER und HANS PALLMANN; 3 fasc. 18cm,5.

Experientia. Vol. I/3, 1945: *Über die Einwirkung von Chlordioxyd auf Pektinstoffe*, von HANS PALLMANN und HANS DEUEL; Vol. I,9, 1945: *Uber Optik und Feinbau des Pektins und seiner Derivate*, von K. WUHRMANN und W. PILNIK; Vol. III-IV, 1947: *Über Ester der Polygalakturonsäure*, von HANS DEUEL. *Über die Wasserdurchlässigkeit von Hydrogelen*, von HANS PALLMANN und HANS DEUEL; 4 fasc. 21cm.

Georg Wiegner zum andenken. Abschiedsworte der Professoren M. Duggeli, Hans Pallmann, E. Baur, E. Laur, *anlätzlich der Trauerfeier im Krematorium Zürich; Freitag, den 17. April* 1936 ; 1 fasc. 21cm.

Der Boden, seine Entstehung und seine Eigenschaften, von Hans Pallmann. Extrait de *Schweizer Bauer*, 1932 ; 1 fasc. 20cm,5.

Zur Kenntnis der kolloidchemischen Eigenschaften des Humus. Dispersoidchemische Beotachtungen an Graphitoxyd, von H. Hamdi. Extrait de *Kolloid-Beiheften*. Bd 54, 1943; 1 fasc. 23cm,5.

Physikalische und chemische Untersuchungen an Dürrfutter verschiedenen Gärungszustandes. Beitrag zum Problem der Dürrfutter-Ueberhitzung, von K. Hüni, Zürich, 1944 ; 1 vol. 23cm.

Morphologische, chemische und kolloidchemische Untersuchung subalpiner Weide- und Waldböden der Rendzina-und der Podsolserie. Ein Beitrag zur Humusklassifizierung von der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, von Erwin Frei. Bern, Büchler & Co, 1944; 1 fasc. 23cm.

Der Einflus von Hetersauxin auf die Quellung von Membransubstanzen, von F. Blanck und Hans Deuel. Zürich, Fretz Ag., 1943; 1 fasc. 23cm.

Kolloidchemische Untersuchungen an Pektinstoffen, von Hans Erwin Deuel. Bern, Büchler & Co, 1943; 1 fasc. 23cm.

Prof. Dr. Max Düggeli (1878-1946). *Ausprachen Gehalten an der Trauerfeier für Prof. Dr* Max Düggeli *in der St. Martinskirche*, Zürich, von Lanfranconi, Hans Pallmann, E. Laur; 1 fasc. 21cm.

Max Küpfer zum andenken (1888-1940), von K. Zimmermann, Hans Pallmann, E. Seiferle, E. H. Saladin; 1 fasc. 22cm.

Eidgenössische technische Hochschule Kultur und Staatswissenschaftliche schriften. No 60 : *Bodenkunde und Pflanzensoziologie*, von Hans Pallmann; No 64 : *Gedenkworte zum hundertjährigen bestehen des Schweizerischen bundesstaates*, von Hans Pallmann, Charly Clere, Karl Schmid, Giuseppe Zoppi. Zürich, Polygraphischen Verlag A-G., 1948; 2 fasc. 21cm.

Über Walböden, von Hans Pallmann. Extrait de *Über die Bedeutung des Schweizerwaldes*, Bd 1, 1945; 1 fasc. 21cm.

Studien über das Geliewermögen von Pektinstoffen und anderen hochmolekularen Polyoxyverbindungen, von H. Neukom. Zürich, Juris-Verlag, 1949; 1 vol. 21cm,5.

Extraits de *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft*, Bd 56, 1946 : *Über die Strömungsdoppelbrechung von Pektinstoffen in wätzriger Lösung*, von Walter Pilnik; Bd 59, 1949 : *Biochemische Untersuchungen an Äpfeln während der Entwicklung und Lagerung*, von Walter Eggenberger. Bern, Büchler & et Co ; 2 fasc. 23cm.

Untersuchungen über die Aktivität der Pektinase, von Jan Matus. Bern, Büchler & Co, 1948; 1 fasc. 23cm.

Beitrag zur Kenntnis der linden Weine. Messungen an verdünnten, fadenziehenden organischen Hydrosolen, von Lothar Martin. Zürich, 1948; 1 fasc. 21cm.

(*à suivre*.)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MAI 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Émile Jeanbrau**, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, survenu à Montpellier, le 14 mai 1950.

GÉOLOGIE. — *Sur le Néogène des bassins du Guadiana Menor et de Baza.* Note de MM. **Paul Fallot**, **Luis Solé**, **Guillermo Colom** et **Pierre Birot**.

La stratigraphie des bassins mio-pliocènes de l'intérieur de la chaîne subbétique est mal connue. L'un des plus importants étale ses dépôts sur une vaste surface limitée, à l'Ouest, par la Sierra Arana et les avancés de la Sierra Nevada; au Nord, par le revers méridional de la Sierra de Castril; à l'Est, par les reliefs des abords de Huescar et Cullar de Baza. Ses dépôts sont en grande partie cachés par des formations alluviales.

Le massif complexe de la Sierra de Baza forme un promontoire qui y pénètre du Sud.

En plan l'on observe ainsi un bassin allongé de l'Ouest à l'Est, entamé par le Guadiana Menor, avec, d'une part, un prolongement à l'Ouest, pénétrant vers le Sud entre la Sierra Nevada et la Sierra de Baza (région de Guadix) et, d'autre part, un prolongement oriental pénétrant vers le Sud par Baza, Caniles, Seron, entre la Sierra de Baza et la Sierra de las Estancias.

Les seuls travaux objectifs relatifs aux bassins complexes de Guadix-Baza sont ceux de Silvertop (¹), von Drasche (²) et Siegert (³).

L. Siegert envisage que les dépôts néogènes comportent à la base (région

---

(¹) *Proc. Geol. Soc. of London*, 1834, p. 216-217 et 435-436.

(²) *Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt*, Wien, 29, 1879, p. 118-120.

(³) *Zeitschr. d. Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin*, 1905, p. 528-554, 586-614.

de Fonelas au Nord-Ouest, région de Seron au Sud-Est) de l'Helvétien; vient ensuite, discordant, selon lui, un complexe qui se divise en trois unités : à la base, une formation marine tortonienne, au-dessus, un ensemble riche en gypse, régnant dans la région de Caniles-Baza et rapporté au Messinien (= Sahélien, = Tortonien Supérieur) puis, une série lacustre, superposée à l'horizon gypseux.

Au-dessus, enfin, mais presque uniquement développé dans la région de Guadix, se situe le complexe détritique baptisé déjà en 1879, par von Drasche, du nom de Guadix-Formation et dont Siegert fait du Pliocène.

Deux d'entre nous (P. F. et L. S.), à l'occasion de travaux dans la Sierra de Baza, un autre (P. B.) au cours d'investigations géomorphologiques sur les bassins récents de Guadix-Baza, ont réuni des observations nouvelles et recueilli des marnes dont les microfaunes furent étudiées par le quatrième signataire de cette Note (G. C.).

Le Bassin de Guadix, partout où nous l'avons parcouru, c'est-à-dire surtout au Sud de cette ville, ne comporte que des dépôts à dominante continentale, stériles. A l'Ouest, vers Lapeza (P. B.), ceux-ci reposent en discordance sur du Néogène qui pourrait se relier au Vindobonien des entours de la Sierra Arana.

Au nord de Gor, le rio de Gor, sortant de la Sierra de Baza, entame profondément des marnes d'aspect miocène, pour s'encastrer ensuite dans le Paléozoïque. La formation de Guadix recouvre le tout et ses termes supérieurs se relient à la couverture détritique drapant le bas du massif.

Plus à l'Est, entre le Guadiana Menor et Baza, l'érosion a enlevé les dépôts détritiques superficiels et largement attaqué les formations marneuses et marno-calcaires claires, partiellement gypseuses, presque horizontales, mais affectées localement de pendages adoucis. Mais il faut pousser 16^{km} au sud de Baza, vers Rejano, pour trouver des dépôts miocènes franchement marins. Jansen les avait attribués, sans argument paléontologique, au Tortonien, en s'en rapportant, sans doute, à Siegert dont il adopte la terminologie.

L'étude de nos récoltes, dans les régions indiquées, sans aboutir à des conclusions définitives, apporte un élément concret, dont voici l'essentiel :

Nord de Gor. — Les marnes gris verdâtre, coupées de lits marno-calcaires, admettent, vers le haut, des masses de gypse importantes. Elles sont certainement postérieures aux dislocations d'âge alpin qui ont affecté le massif secondaire, mais elles ont subi à leur tour des déformations. Nous n'avons observé, au voisinage des formations triasiques de Gor, aucun dépôt détritique ou de rivage. Peut-être le contact, caché par les éboulis, est-il mécanique. Les échantillons de marnes ont été pris versant gauche de la vallée de Gor, au-dessus et au-dessous de la voie ferrée, enfin à l'Ouest de la station de Gor, c'est-à-dire à divers niveaux dans le complexe marneux. Tous offrent les

mêmes associations, et l'on ne peut y distinguer de subdivisions stratigraphiques.

Les faunes sont partout pauvres en Foraminifères, et ne comportent que *Nonion elongatum* d'Orb., *Globigerinoides trilocularis* d'Orb., par contre les Discoastéridés y abondent, notamment *Discoaster Brouweri* Tan, var. *alpha* Tan, *Discoaster Hilli* Serem, *Discoaster stella* Ehrenb. *Hemidiscoaster barbadensis* Tan, *H. Molengrafi* Tan, var. *gamma* et var. *delta* Tan. Il n'y a ni Radiolaires, ni Diatomées, ni Spongiaires.

En outre, il se rencontre, dans les marnes, avec des grains de quartz, des fossiles roulés, remaniés, tels que *Globorotalia crassata* Cushm. (type de l'Eocène supérieur de Cuba), *Globotruncana arca* du Crétacé supérieur, *Siphonina, Nonion, Eponides,* etc., provenant sans doute de la zone subbétique dont les formations règnent sous le Bassin du Guadiana Menor et plus au Nord.

Par comparaison avec les microfaunes datées des régions d'Alicante et des Baléares, les dépôts de Gor, certainement miocènes, évoquent le Burdigalien supérieur, mais cette association d'organismes du Benthos, qui caractérise plutôt un faciès qu'un niveau, pourrait être aussi, et plus probablement, du Vindobonien.

Aval de Rejano. — Ici, toujours sous le manteau des dépôts détritiques qui cachent leurs contacts avec le Secondaire et les marnes blanches de Baza, les sédiments néogènes dessinent un anticlinal très adouci.

Le bas de la série visible est formé, aux abords du haut rio de Valcabra, par des marnes ou marno-calcaires tendres observables sur environ 80^{m} de puissances. Vers leur partie inférieure, ils contiennent des moules de grands gastéropodes du genre *Cassidaria.*

La microfaune comporte *Rotalia Beccarii* L., *Elphidium crispum* L., très abondant et *Nonion Boueanum* d'Orb., plus rare. Vers le haut s'ajoutent *R.* cf *ammoniformis* d'Orb. et *Robulus* sp.

Le faciès est partout marin, mais dans les assises de base l'ornementation exceptionnelle de *Rotalia Beccarii* semble indiquer des anomalies de salinité. Celles-ci disparaissent plus haut.

Outre les Foraminifères, on retrouve les Discoastéridés de Gor : *Discoaster Hilli, D. Brouweri* var. *alpha* et var. *gamma, D. stella, Hemidiscoaster barbadensis* et des Ostracodes.

La masse marneuse passe, vers le haut, à quelques mètres de grès et Turritelles, commencement d'un remblaiement dont les caractères s'accentuent par l'arrivée de cailloutis dans le haut des grès et le passage à un dépôt entièrement formé de galets roulés. Celui-ci se poursuit, sans coupure visible, par les cailloutis terminaux.

La macro-faune des marnes pose un problème délicat.

M. Roger, qui a bien voulu l'étudier, a déterminé, provenant des parties inférieures (niveau coté 1010 au baromètre), *Ostræa Boblayi* Desh., *Chlamys*

ercoliana Cocconi, *Chl. multistriata* Poli; puis, de couches situées environ 60^m plus haut, *O. Boblayi* Desh., *Thiasira rostrata* Pecchioli, enfin, des grès terminaux, de très mauvaises *Turritella* cf. *subangulata* Brocchi.

Les assises, dessinant un anticlinal très adouci, pendent faiblement au Nord.

A Cortijo de Tempora, environ 1200^m plus au Nord, on retrouve des marno-calcaires contenant, sous cette maison, d'innombrables *Meretrix* indéterminables et une forme que M. Roger tend à rapprocher de *Cyprina islandica* Lin. Sur cet horizon, les marnes, où abondent les très grandes huîtres, nous ont fourni *Chlamys scabrella* Lk., *Chl. multistriata* Poli, *P. benedictus* Lk.

Si l'on tient compte de la microfaune et des pectinidés, cet ensemble représente du Tortonien terminal franchement marin. Le Bivalve rapporté au genre *Cyprina* indiquerait du Quaternaire, ou, à la rigueur, du Pliocène. Mais la cote qui dépasse 1000^m, la microfaune et l'allure générale des couches légèrement bombées imposent une prudente réserve, et, pour le moment, nous croyons devoir rapporter l'ensemble de la formation au Tortonien terminal.

Conclusion. — Le bras de mer vindobonien qui atteignait Rejano devait se relier, à l'Est, au bassin de Lorca. Vers le Nord-Ouest, peuplé notamment des mêmes Discoastéridés, il s'insérait dans les reliefs jusqu'au Nord de Gor.

Ses relations avec le bassin de Grenade, par le Nord de la Sierra Arana, ne sont pas invraisemblables mais restent à démontrer.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Mesures urgentes à prendre pour entraver le dessèchement, l'ensablement et la décadence des sols et de la végétation en Afrique Occidentale et spécialement au Soudan français.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

A la suite de récents voyages en Afrique Occidentale française, nous avons dénoncé ([1]) la progression rapide de la désertification des pays situés au Sud du Sahara dans les parties Ouest qui appartiennent à l'Afrique Occidentale française : Sénégal, Soudan, Colonie du Niger, Guinée française, Dahomey. Cette décadence des sols a pour causes principales le déboisement et les feux de brousse; ceux-ci amènent la suppression progressive de la végétation naturelle, processus lent, mais inexorable, entraînant peu à peu la disparition de toutes les terres arables et la dessiccation rapide des sols, après la saison des pluies, puis l'ensablement et l'érosion éolienne. L'agronome russe Dokoutchaev créateur de la pédologie, et son élève Kostychev, avaient montré dès la fin du XIXe siècle qu'un fléau identique s'abattait sur les steppes de Russie orientale et qu'il était dû à des causes analogues, surtout au progrès des vents brûlants soufflant de l'Asie centrale, ce vent amenant la dégradation des terres noires; les tchernozioms, autrefois si fertiles, perdaient leur structure grumeleuse ([2]).

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1550.

([2]) B. Tkatchenko, *Agronomie tropicale*, n° de janvier 1950.

En Afrique Occidentale où existent des sols très différents, c'est un autre fléau : la latérisation amenant par endroits la formation de carapaces, ailleurs de gravillons ferrugineux qui stérilisent rapidement les sols et entraînent aussi l'érosion. Le mal est encore plus grand que dans la Russie méridionale, où le reboisement est entrepris sur plus de quatre millions d'hectares en créant des bandes forestières comme moyen de défense contre la sécheresse, l'érosion et les vents asséchants; enfin, des aménagements hydrauliques de grande envergure (rectification des cours d'eau et creusement de nombreux étangs) sont en cours et des stations agro-forestières (servant de guides) sont entrées en action. Aux États-Unis, au Canada, au Brésil, etc., des travaux de reboisement considérables sont également entrepris. Quand allons-nous entreprendre en Afrique tropicale des travaux analogues qui ne doivent pas être improvisés mais basés sur des recherches scientifiques préalables, à commencer par l'étude des territoires presque vides de populations et que l'on nomme « parcs nationaux » sur les cartes, mais où aucune prospection n'est entreprise? Il serait pourtant utile de savoir pourquoi ces territoires sont inhabités. Le sol a-t-il été autrefois exploité? Est-il devenu stérile? A-t-il été dépeuplé par les guerres, des migrations ou des épidémies?

Il n'y a pas de doute que les mesures les plus importantes à entreprendre en Afrique Occidentale sont :

1° le reboisement de la brousse; 2° la réfection des sols dégradés là où c'est encore possible, surtout dans les régions ayant plus de dix habitants au kilomètre carré; 3° rétablir des galeries forestières le long des cours d'eau et même des ruisseaux autrefois permanents; 4° créer des étangs et des réservoirs de retenue d'eau dans les hauts bassins du Sénégal, du Niger, de la Gambie, de la Volta et des principaux affluents de ces fleuves, de manière que les grandes rivières comme les petites charrient de l'eau suffisante pendant toute la saison sèche; 5° enfin, rétablir de la végétation, si pauvre soit-elle, sur les carapaces latéritiques et sur les sables mobiles des régions avoisinant le Sahara en tentant des semis directs au moins à proximité des mares permanentes et des puits.

La connaissance des espèces ligneuses qui conviennent à chaque zone de végétation, à chaque milieu biologique est des plus importantes. Nous donnons ci-après la liste des arbres soudanais qui nous semblent actuellement les plus recommandables.

A. Liste des principaux arbres soudanais a employer pour le reboisement dans les zones guinéenne, soudanaise et sahélienne. — I. *Arbres fruitiers ou à feuilles potagères à cultiver autour des villages ou dans les jardins indigènes :* Manguier, Agrumes, *Anacardium*, Baobab, Tamarinier, *Cordia myxa*, Palmier rônier, Sounsoun (*Diospyros*), Neverdaye (*Moringa pterygosperma*);

II. *Arbres d'ombrage à planter en avenues ou dans les villages comme arbres à palabres :* Cailcédrat, Manguier, Fromager, Talli (*Erythrophlæum*) Tafé (*Stereospermum*) *Parkia africana*, *Ficus thonningii* et autres *Ficus* à palabres;

III. *Arbres à bon bois à protéger et à multiplier dans la brousse soudanaise hors des terrains cultivés :* Cailcédrat, Ven (*Pterocarpus erinaceus*), Détar (*Detarium*), Golo (*Albizzia chevalieri*), So et Coso (*Isoberlinia et Berlinia*), Lingué (*Afzelia africana*), Santan (*Daniellia oliveri*), Ndougoura (*Cordyla pinnata*), Guélé (*Prosopis africana*), Néou (*Parinari macrophylla*, variété arborescente), Diou (*Mitragyne inermis*), Somon (*Uapaca chevalieri* et *U. somon*), Béri-béri (*Monotes kerstingii*), etc.

IV. *Arbres à produits utiles déjà plantés ou conservés dans les champs* (*lougans*) qu'il faudrait mieux soigner et entretenir même dans les terrains mis en jachères et autant que possible des variétés sélectionnées : Karité, Nété (*Parkia*), Cade (*Faidherbia*), Tourou (*Ficus gnaphalocarpa*, arbre fourrager), Kapokier à fleurs rouges sélectionné, *Acacia sing.*;

V. *Arbres à planter près du Niger et le long du fleuve entre le* 12e *et le* 16e *parallèle : Raphia sudanica*, *Cynometra vogelii*, *Pterocarpus santalinoïdes*, Talli, *Mitragyna inermis*, *Linociera sudanica*, *Myrianthus senatus*, *Cratæva adansonii*, *Salix chevalieri*, *Sesbania* divers, *Acacia campylacantha*, Koroba (*Vitex cuneata*);

VI. *Arbres à planter plus au Sud le long des rivières et à employer pour reconstituer les galeries forestières et les bois sacrés* :

Chlorophora regia, *Blighia sapida*, plusieurs Sapotacées, divers *Ficus*, Talli, *Canarium schweinfurthii; Carapa procera*, Palmier à huile, *Raphia sudanica*, *Antiaris africana*;

VII. *Arbres à planter dans la zone sahélienne le long du Niger au Nord de Ségou et autour des puits et des mares :*

Cailcédrat, Palmier Doum, *Acacia scorpioides*, *A. campylacantha*, *Balanites ægyptica*, Dattier (variétés fruitières et apprendre aux Nomades à pratiquer la fécondation artificielle), *Mitragyna inermis*, *Celtis integrifolia*, *Poupartia birrea*.

B. *Arbres exotiques à employer pour le reboisement au Soudan, en Guinée, etc.* — Plusieurs espèces venues d'Asie, d'Amérique ou d'Australie ont déjà fait leurs preuves et se sont montrées très intéressantes pour le reboisement. Nous avons introduit dès 1913 trois espèces de *Pinus*. et des Cyprès à Dalaba (Guinée) qui tendent à se répandre, mais les Conifères ne vivent dans ces régions qu'au-dessus de 700^m d'altitude. Ne pas oublier aussi que les Conifères ne donnent pas d'humus et ne reconstituent pas les sols dégradés.

Quelques espèces d'arbres feuillus ont déjà fait leurs preuves au Soudan et seraient à multiplier sur une vaste échelle en raison de leur croissance rapide. Citons le Lilas du Japon (*Melia azedarach* et *M. composita*), le Sim ou Nime (*Azadirachta indica*) de l'Inde qui croît très vite, *Cassia siamea* d'Indochine donne rapidement un ombrage épais et un bois excellent, *Glyciridia sepium* d'Amérique tropicale; *Prosopis juliflora* donne des murailles de verdure formant un excellent brise-vent, le Filao (*Casuarina equisetifolia*) en bon terrain réussit aussi bien au Soudan que près de la mer au Sénégal. Plusieurs

espèces d'*Eucalyptus* s'accommodent du climat du Sénégal, du Soudan et de Guinée, mais il faudrait les planter, comme dans l'État de Sao-Paulo, sur une échelle immense. Le *Poinciana regia* ou Flamboyant, venu de Madagascar, réussit très bien, il est remarquable par ses fleurs, mais sans utilité car il est privé de feuilles en saison sèche en Afrique Occidentale et il n'aide pas à la reconstitution des sols. Par contre, le *Parkinsonia aculeata*, légumineuse épineuse et fertilisante, ne gêne pas les cultures.

Nous déconseillons la plantation du Teck (*Tectona grandis*) et de *Dalbergia sissoo* que les forestiers ont introduit au Nigéria puis au Soudan et qui n'y sont pas dans le milieu climatique qui leur convient. Par contre, on devrait chercher à acclimater de nombreuses Diptérocarpées d'Indochine et les Trac de Cochinchine (*Dalbergia cochinchinensis* et *D. fusea*). Un arbre des Antilles (*Bignonia pentaphylla*) a parfaitement réussi au Sénégal; c'est un arbre très ornemental planté en avenues.

A signaler aussi au Sénégal *Bougainvillea spectabilis* et ses nombreuses variétés formant de beaux berceaux arrêtant les sables et créant aujourd'hui la parure de Dakar et des principales villes d'A. O. F. Dans ce pays on devrait poursuivre sans trêve l'introduction et l'acclimatation d'arbres et d'arbustes utiles, et il devrait exister un service spécial pour cela, confié à un botaniste compétent et non à un fonctionnaire interchangeable, trop souvent incompétent en botanique systématique, en biologie végétale ou dans le simple jardinage, dans les travaux d'arboriculture, de pépiniériste et d'acclimatation.

Un immense travail de reboisement, de protection des sols, d'aménagement de l'eau pour l'empêcher de fuir en hivernage par une course torrentielle emportant les terres, ou de descendre dans les profondeurs de la terre et pour la retenir au contraire dans la terre végétale ou à une faible profondeur afin que les racines des arbres puissent pénétrer dans un sol frais est à faire.

Dans une prochaine Note nous montrerons par quelles techniques nouvelles on pourrait reconstituer la fertilité des sols encore propres à l'agriculture et préparer pour l'avenir par le reboisement la revalorisation des terres.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur la série paléozoïque de l'Adrar mauritanien (Sahara occidental)*. Note de Mlle **Dorothée Le Maitre** et M. **Théodore Monod**.

La série stratigraphique du paléozoïque de l'Adrar mauritanien a été exposée par l'un de nous (¹). Antérieurement (²), une première étude de la faune du synclinal de l'Oued el Abid (Adrar Sud-Ouest) avait permis de reconnaître au-dessus de la série cambro-silurienne :

(¹) Th. Monod, *B. S. G. F.*, (5ᵉ), 19, 1949, p. 409-412.
(²) D. Le Maitre, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 855-857.

1° un *Coblencien* à espèces siegeniennes prédominantes : *grès d'Aouinet Zbel.*

2° un *Eifélien* complet : *calcaires de Dhlaïet el Ateuch;* la présence de quelques plaquettes de calcaire gréseux à *Spirifer* du gr. *bouchardi* permettait de penser que, dans ce synclinal, la mer avait fait une apparition au Dévonien supérieur.

Depuis-lors, la découverte du synclinal d'El Ahguid à l'Ouest de celui de Dhlaïet el Ateuch — Hassi Atilé — Oued el Abid et l'étude d'un nouveau matériel faunique recueilli dans ces deux synclinaux nous permettent d'apporter les précisions et compléments suivants :

I. *Série silurienne* : 1° Dans les grès d'Aouïn Lebgar à Crinoïdes, Brachiopodes et Trilobites, nous avons reconnu : *Camarotœchia nucula* Sow., cf. *Rhynchonella cuneata* Dalm., *R.* du groupe *borealis* Sch., *Orthis lunata* Sow., *Dalmanella elegantula* Dalm., *D. basalis* Dalm., anneaux de *Homalonotus* et une glabelle de *Dalmanites* cf. *nexilis* Salt., *Tentaculites* sp.

Cette faune indique le *Wenlock.* Des grès analogues existent à l'Est de Hassi Atilé, et au bord Est du synclinal d'El Ahguid, entre les grès du Tamga proprement dits et les schistes gothlandiens.

2° Les schistes argileux gris à Orthocères, Lamellibranches et Graptolithes qui surmontent ces grès contiennent *Monograptus vulgaris* Wood, *M. varians* Wood, *M. flemingii* s. s. Salt., *M. dubius* Suess, *M. unguiferus* Perner, *M.* sp. nov.

Cet ensemble permet de couclure à un âge *Ludlow inférieur*.

II. *Série dévonienne.* — La présence du Dévonien supérieur dans les deux synclinaux cités précédemment est maintenant acquise avec certitude, car dans la région de Dhlaïet el Ateuch, la faune nouvellement recueillie contient : *Spirifer verneuilli,* de petite taille mais bien caractérisé, avec une abondance de *Schizophoris striatula*, *Tropidoleptus* du gr. *carinatus*, *Camarotœchia hexatoma sœtenica* et des *Spirifer* voisins d'espèces américaines telles que *Sp. mucronatus* et *Sp. marcyi. Tropidoleptus carinatus* se maintient, comme aux États-Unis, semble-t-il, au Dévonien supérieur ou, tout au moins, jusqu'à la limite Givétien-Frasnien.

Dans le synclinal d'El Ahguid (bord Est), des grès quartzites renferment en abondance de beaux *Sp. verneuilli;* des plaquettes de calcaires, recueillies plus à l'Ouest, sur le reg, contiennent des *Spirifer* du groupe *bouchardi* et du gr. *mesacostalis* indiquant un Dévonien supérieur certain.

Ainsi la partie supérieure des grès siluriens de l'Adrar mauritanien, notamment les grès d'Aouïn Lebgar sont gothlandiens (*Wenlock*). Les schistes argileux à Graptolithes qui les surmontent sont du *Ludlow inférieur*. Il est possible que le Ludlow moyen soit présent (*M. angustidens*? Pribyl). C'est la première fois qu'un niveau aussi élevé du Gothlandien à Graptolithes est

signalé en Mauritanie, le Llandovery, le Tarannon, et peut-être le Wenlock, y étaient déjà connus ([3]).

Aucun fait paléontologique ne nous a encore permis d'établir la présence certaine du Gédinnien; quant au Givétien, plusieurs espèces (*C. hexatoma soetenica, T.* gr. *carinatus*) indiquent qu'il pourrait exister localement. Le Dévonien supérieur, représenté par des grès-quartzites et des calcaires gréseux, est très vraisemblablement transgressif (à El Ahguid il paraît même reposer sur le Coblencien) et terminerait le cycle sédimentaire paléozoïque dans ces synclinaux ([4]).

M. **Pierre Jolibois** fait hommage d'un Ouvrage de M. Jacques Dreyfus intitulé : *La Chimie des Ciments*. Tome I. *Exposé théorique*. Tome II. *Valeurs numériques, figures et annexes*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Ernst Gäumann** fait hommage à l'Académie de quelques fascicules relatifs à ses travaux de Botanique.

NOMINATIONS.

M. **Louis Leprince-Ringuet** est désigné pour faire une *Lecture* en la séance anniversaire des cinq Académies, le 25 octobre 1950.

CORRESPONDANCE.

Le Secrétaire général de l'**Union internationale pour la protection de la Nature** invite l'Académie à se faire représenter à la deuxième Session de l'Assemblée générale de cette Union, qui se tiendra à Bruxelles, du 18 au 23 octobre 1950.

L'Académie est informée d'un projet de manifestations qui auraient lieu à Amboise, en 1952, pour commémorer le cinq-centième anniversaire de la naissance de **Léonard de Vinci**.

([3]) M. Nicklès, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 355-356.

([4]) Un troisième synclinal dévonien vient d'être reconnu, celui de Herne, en bordure de l'Amatlich (Th. M., mars 1950).

ALGÈBRE. — *Une condition pour qu'un lattice soit distributif.*
Note de M. **Kiyoski Iseki**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'auteur énonce une condition nécessaire et suffisante pour qu'un lattice soit distributif. Il en résulte un critère pour qu'un lattice ayant un premier et un dernier élément soit une algèbre de Boole.

Dans cette Note nous allons établir une condition caractérisant un lattice distributif.

Soit L un lattice ayant un premier élément O (1). Nous appelons filtre sur L un sous-ensemble F de L qui possède les propriétés suivantes :

1° $O \notin F$;

2° si $a, b \in F$, alors $a \cap b \in F$;

3° si $a \in F$, $a \leq x$, alors $x \in F$.

Nous appelons filtre premier F sur L, si $a \cup b \in F$ entraîne $a \in F$ ou $b \in F$. On appelle filtre maximal (ou ultrafiltre) sur L un filtre tel qu'il n'est contenu dans aucun autre filtre sur L. On dit qu'un filtre F est irréductible, s'il n'est pas intersection de deux filtres proprement contenant F.

Lemme 1. — *Dans un lattice, tout filtre premier est irréductible, en particulier, dans un lattice distributif, un filtre maximal est premier.*

Il est bien connu que, dans un lattice distributif, les deux notions, filtres premier et irréductible, sont équivalentes (2). Nous allons démontrer que cette proposition est caractéristique pour les lattices distributifs.

Lemme 2. — *Pour chaque paire* a, $b \in F$ *et* $b \notin Fa = \{x \mid a \leq x\}$ (*c'est-à-dire le filtre principal de* a), *il existe un filtre irréductible* Ma *tel que* $Ma \not\ni b$ *et* $Ma \supset Fa$.

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un lattice* L *soit distributif est que tout filtre irréductible sur* L *soit premier.*

La condition, en effet, est évidemment nécessaire (3). Nous allons montrer que la condition est suffisante. Pour cela il suffit de vérifier la condition donnée par O. Ore (4). Soient a, b, x trois éléments du lattice L, tels que l'on ait

$$a \cup x = b \cup x, \qquad a \cap x = b \cap x.$$

Supposons $a \neq b$, on a $Fa \not\ni b$ ou $Fb \not\ni a$. Soit $Fa \not\ni b$, il existe un filtre irréductible Ma tel que $b \notin Ma \supset Fa$ (*voir* lemme 2). D'après notre hypothèse, Ma est premier, donc

$$Ma \ni a \cup x = b \cup x$$

(1) Nous utilisons les notations et la terminologie de G. Birkhoff, *Lattice theory*, 1940 ou 1948.

(2) G. Birkhoff et O. Frink, *Trans. of Am. Math. Soc.*, 64, 1948.

(3) G. Birkhoff et O. Frink, *loc. cit.*

(4) *Annals of Math.*, 36, 1935.

entraînent $Ma \ni x$. Par conséquent, on a $Ma \ni a \cap x = b \cap x$, alors $b \in Ma$. On est ainsi conduit à une contradiction, ce qui prouve bien que $a = b$.

Le résultat de M. Leopoldo Nachbin ([5]) concernant des algèbres de Boole et le lemme 1 entraînent le

THÉORÈME. — *Dans un lattice distributif* L *ayant un premier et un dernier élément, la condition nécessaire et suffisante pour que* L *soit une algèbre de Boole est que tout filtre irréductible sur* L *soit maximal.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites réciproques.*
Note de M. **René Barrucand**, présentée par M. Henri Villat.

Si $f(0), f(1), f(2), \ldots$, et $g(0), g(1), g(2)$ forment deux suites telles que

$$g(n) = f(0) - nf(1) + \frac{n(n-1)}{1.2} f(2) - \ldots.$$

Alors

$$f(n) = g(0) - ng(1) + \frac{n(n-1)}{1.2} g(2), \ldots,$$

les coefficients étant ceux du binôme de Newton. Nous dirons que les deux suites $\{f\}$ et $\{g\}$ sont réciproques.

Si nous désignons par $\overline{f(x)}$ la fonction d'interpolation newtonienne de la suite $\{f\}$, M. J. Ser a montré que l'on a alors

$$\lim_{N \to} \sum_0^N - \int_0^N \overline{f(x)}\, dx = \sum_0^\infty i_{n+1} g(n) \quad \text{si} \quad \frac{x}{\log(1-x)} = \sum_0^\infty i_n x^n.$$

C'est une généralisation de la formule de Grégory.

En particulier, les suites $t^n/n!$ et $L_n(t)$ sont réciproques, $L_n(t)$ désignant des polynômes de Laguerre

$$e^{-t} L_n(t) = \int_0^\infty e^{-x} \frac{x^n}{n!} J_0(2\sqrt{tx})\, dx,$$

et l'on a donc

$$R(t) = e^t - \int_0^\infty \frac{t^s}{\Gamma(1+s)}\, ds = \Sigma i_{n+1} L_n(t).$$

D'autre part,

$$\int_0^\infty \frac{t^s}{\Gamma(1+s)}\, ds = \frac{1}{2\pi i} \int_{\frac{3}{2}-i\infty}^{\frac{3}{2}+i\infty} \frac{e^{tz}}{z \log z}\, dz = e^t + \frac{1}{2\pi i} \int_{\frac{1}{2}-i\infty}^{\frac{1}{2}+i\infty} \frac{e^{tz}}{z \log z}\, dz.$$

D'où finalement comme Touchard et Ramanujan l'avaient montré

$$R(t) = \int_0^\infty \frac{e^{-ty}}{y(\pi^2 + \log^2 y)}\, dy,$$

$$i_{n+1} = \int_0^\infty e^{-x} R(x) L_n(x)\, dx = \int_0^\infty \frac{dx}{(\pi^2 + \log^2 x)(1+x)^{n+1}} = \int_0^\infty \frac{e^{-nx}\, dx}{\pi^2 + \log^2(e^x - 1)}.$$

([5]) *Portugaliæ Math.*, 6, 1947.

Un cas bien connu d'utilisation des suites réciproques est la transformation d'Euler

$$\sum_0^\infty f(n)(-x)^n = \frac{1}{1+x}\sum_0^\infty g(n)\left(\frac{x}{1+x}\right)^n,$$

cette formule réalisant le prolongement analytique d'une large classe de séries de Taylor. Ainsi

$$\Sigma i_{n+1}\, g(n) = \int_0^\infty \sum_0^\infty g(n)\left(\frac{y}{1+y}\right)^n \frac{dy}{y(1+y)(\pi^2+\log^2 y)},$$

d'où

$$\Sigma i_{n+1}\, g(n) = \lim_{N\to\infty} \sum_0^N f(n) - \int_0^N \overline{f(x)}\, dx = \int_0^\infty \sum_0^\infty f(n)\,(x)^n \frac{dx}{x(\pi^2+\log^2 x)}.$$

Cette formule représente une extension d'un résultat dû à Ramanujan dont il ne semble pas qu'on ait remarqué l'identité avec la formule de Grégory.

Si maintenant $\Phi_1(x) = \Sigma\varphi_1(n)L_n(t)$ et $\Phi_2(x) = \Sigma\varphi_2(n)L_n(t)$ sont deux fonctions réciproques par rapport au noyau de Fourier $J_0(2\sqrt{tx})$, alors

$$\varphi_{1,2}(n) = \int_0^\infty e^{-x} L_n(x)\Phi_{1,2}(x)\, dx,$$

mais $e^{-x}L_n(x)$ et $e^{-x}(x^n/n!)$ sont réciproques par rapport à $J_0(2\sqrt{tx})$ et les suites $L_n(x)$ et $x^n/n!$ sont réciproques, si bien que pour le théorème de Parseval on a

$$\varphi_2(n) = \int_0^\infty e^{-x}\Phi_1(x)\frac{x^n}{n!}\, dx.$$

Ainsi les coefficients de Fourier-Laguerre de deux fonctions réciproques par rapport au noyau $J_0(2\sqrt{tx})$ forment deux suites réciproques, la réciproque n'étant vraie que sous réserve de la convergence des intégrales (1).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un théorème général sur les fonctions algébroïdes.* Note de M. **Nicolas Baganas**, présentée par M. Paul Montel.

1. L'extension aux fonctions algébroïdes des principaux résultats relatifs aux fonctions méromorphes obtenus par M. R. Nevanlinna, qui est due, en principe, à M. G. Valiron (1), nous a permis de généraliser et d'étendre aux

---

(1) J. Ser, *Le calcul formel des séries de factorielles*, Paris, 1933; G. H. Hardy, *Ramanujan*, Oxford, 1941; Touchard, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 41, 1913, p. 234-242.

(1) *Bull. Soc. Math. France*, 59, 1931.

fonctions algébroïdes ([2]) nos théorèmes énoncés pour les fonctions d'ordre fini.

2. Soit $u(z)$ une fonction algébroïde dans le cercle $|z| < R$ (R fini ou infini); M. Valiron définit (*loc. cit.*) sa caractéristique $T(r, u)$ ([3]) et, dans le cas où $u(z)$ est définie pour tout z fini, son ordre ρ par l'égalité :

$$\rho = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log T(r, u)}{\log r}.$$

L'ordre peut être nul, fini positif, ou infini. Dans ce dernier cas, on peut introduire (comme dans le cas des fonctions méromorphes), suivant les idées de M. E. Borel, précisées par ses successeurs, un ordre variable $\rho(r)$; en nous bornant au degré d'approximation de M. Borel, nous adoptons la définition de M. K. L. Hiong ([4]). *Nous appelons ordre de $u(z)$ toute fonction $\rho(z)$ non décroissante telle que, si l'on pose* $U(r) = r^{\rho(r)}$, $U(r)$ vérifie la condition de Borel

$$\lim_{r=\infty} \frac{\log U(r')}{\log U(r)} = 1, \qquad r' = r + \frac{1}{\log U(r)}$$

et que

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log T(r, u)}{\log U(r)} = 1.$$

Soit $v(z)$ une fonction algébroïde (ou algébrique) d'ordre inférieur à celui de $u(z) \{\overline{\lim}[\log T(r, v)/\log U(r)] < 1\}$; nous dirons que $u(z)$ admet $v(z)$ comme fonction exceptionnelle si

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log n\left(r, \dfrac{1}{u-v}\right)}{\log U(r)} < 1,$$

où, suivant les notations habituelles, $n(r, w)$ désigne le nombre des pôles de $w(z)$ dans le cercle $|z| < r$.

3. Soit maintenant $w(z)$ une algébroïde d'ordre $\rho(r)$ définie par l'équation

$$u_0(z) w^\nu + u_1(z) w^{\nu-1} + \ldots + u_\nu(z) = 0,$$

dont les coefficients $u_i(z)$ sont des fonctions *algébroïdes* données à un nombre quelconque de branches, *telles que l'on ait*

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log n(r, u'_i)}{\log U(r)} < 1 \qquad \left(i = 0, 1, \ldots, \nu;\ u'_i = \frac{du_i(z)}{dz};\ U(r) = r^{\rho(r)}\right).$$

Désignons par $n_1[r, (1/u_\nu)]$ le nombre de ceux des zéros a de $u_\nu(z)$ dans le

---

([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 545-546; **228**, 1949, p. 533-534; *Thèse*, Paris, 1950.

([3]) $T(r, u)$ est une fonction croissante convexe de $\log r$.

([4]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 239; *Thèse*, Paris, 1934; *voir* aussi G. Valiron, *Bull. Sc. math.*, **89**, 1938, p. 29.

cercle $|z| < r$ qui vérifient la condition

$$\lim_{z=a} \frac{u_\nu(z)}{z-a} \neq 0.$$

THÉORÈME. — *Si la fonction $w(z)$ admet comme exceptionnelle l'algébroïde $v(z)$, d'ordre inférieur à $\rho(r)$, à m branches distinctes, on a* $m \leqq 2\nu$; *si, de plus,* $\overline{\lim}_{r=\infty}[\log n_1(r, 1/u_\nu)]/[\log U(r)] < 1$, *alors* $m \leqq 2\nu - 1$.

4. Donnons quelques applications simples de ce théorème :

a. L'identité $X^m + Y^n \equiv 1$, où X, Y désignent des fonctions entières et m, n des entiers vérifiant les inégalités $m \geqq 2$, $n \geqq 3$ $[(1/m) + (1/n) < 1]$, est impossible.

En effet, dans le cas contraire, l'algébroïde $w(z)$ définie par l'équation

$$\sqrt{X^m}\, w + \sqrt{X^n} = 0$$

admettrait deux valeurs exceptionnelles $\pm i$, ce qui, d'après le théorème énoncé, est impossible [ici $\nu = 1$, $n_1(r, 1/\sqrt{X^n}) \equiv 0$].

On démontre exactement de la même façon l'impossibilité de l'identité

$$X_1 + X_2 \equiv X_3 \qquad (X_i \text{ fonctions entières}),$$

où l'ordre réel des zéros de X_3, des zéros simples de X_1 et des zéros doubles de X_2 est inférieur à l'ordre commun apparent des X_i ($i = 1, 2$) (5).

b. Considérons l'algébroïde $w = v(z)$ dont la dérivée est dépourvue de pôles; $w(z)$ admet l'infini comme valeur exceptionnelle et par conséquent, elle ne peut admettre plus d'une autre valeur finie exceptionnelle (6).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions absolument continues à variation bornée.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous avons précédemment (1) étudié l'approximation des fonctions continues périodiques dont la meilleure approximation trigonométrique E_n d'ordre n était $O(1/n)$ ou $o(1/n)$ et nous avons montré quel parti on pouvait tirer de ces résultats relativement à quelques problèmes concernant les séries trigonométriques.

---

(5) C'est le théorème de M. Valiron relatif aux fonctions entières à valeurs quasi exceptionnelles.

(6) H. L. Selberg, *Algebroïde Funktionen und Umkehrfunktionen Abelscher Integrale*, Oslo, 1934, p. 57-58.

(1) M. Zamansky, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 66, 1949, fasc. 1, p. 15-93; *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1687; 228, 1949, p. 1838; 229, 1949, p. 695; 230, 1950, p. 44.

La principale difficulté résidait dans ce fait que l'hypothèse $E_n = O(1/n)$ ou $o(1/n)$ n'entraîne pas l'existence d'une dérivée et nous avons alors usé de propriétés générales de polynômes trigonométriques convergeant uniformément.

Cette Note a pour objet de montrer que les intégrales de Lebesgue, c'est-à-dire, les fonctions absolument continues à variation bornée, jouissent du point de vue de l'approximation, de toutes les propriétés des fonctions continues dont la meilleure approximation d'ordre n est $o(1/n)$, *sauf éventuellement sur un ensemble de mesure nulle*. En général les fonctions absolument continues à variation bornée n'ont pas pour meilleure approximation $o(1/n)$.

Nous modifions légèrement la notation de Landau et nous écrirons $o'(1/n)$ lorsque l'égalité $y_n(x) = o(1/n)$ aura lieu pour tout x sauf peut-être lorsque x appartient à un ensemble de mesure nulle.

Nous conservons les mêmes notations que dans les Notes précédentes. (g) désignera un procédé de sommation d'une série de Fourier, défini par une fonction sommatoire $g(u)[0 \leqq u \leqq 1,\ g(0) = 1,\ g(1) = 0]$ et nous nous bornerons à des fonctions sommatoires ayant des dérivées en nombre suffisant, les résultats obtenus devant principalement servir à diverses applications.

Soient φ une fonction sommable, à valeur moyenne nulle, de période 2π, $f(x)$ une intégrale de période 2π. $T_n(g, f, x)$ sera le polynôme d'approximation d'ordre $(n-1)$ de $f(x)$ obtenu par le procédé (g).

Soit

$$\varphi_n^{\cdot}(x) = \frac{1}{\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{\frac{\pi}{2}} [\varphi(x+2t) - \varphi(x-2t)] \operatorname{cotg} t\, dt$$

et désignons par $f^{\cdot}(x)$ la fonction conjuguée de f.

$$\sigma_n(x) = T_n(1-u, f, x) \text{ est la moyenne } (C, 1).$$

Posons :

$$\Delta_2(f, x, u) = f(x-u) - 2f(x) + f(x+u).$$

Voici les principaux résultats, valables pour tout x sauf éventuellement sur un ensemble de mesure nulle.

Théorème 1. — *Soit $\varphi(x)$ une fonction sommable, de période 2π, à valeur moyenne nulle, $f(x)$ une intégrale de φ; on a*

$$\sigma_n(x) - f(x) = \frac{1}{n\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{+\infty} \frac{\Delta_2(f, x, t)}{t^2}\, dt + o'\left(\frac{1}{n}\right) = \frac{1}{2n\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\Delta_2(f, x, 2t)}{\sin^2 t}\, dt + o'\left(\frac{1}{n}\right).$$

Théorème 2. — *$f^{\cdot}(x)$ étant la fonction conjuguée de $f(x)$*

$$f^{\cdot}(x) - \sigma_n^{\cdot}(x) = \frac{\varphi(x)}{n} + o'\left(\frac{1}{n}\right).$$

Théorème 3. — *Soit (g) un procédé de sommation défini par une fonction*

sommatoire $g(u)$ *possédant une dérivée troisième bornée, telle que* $g(0)=1$, $g(1)=0$; *on a*

$$T_n(g,f,x)-f(x)=\frac{-g'(0)}{n\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{\infty+}\frac{\Delta_2(f,x,t)}{t^2}\,dt+o'\left(\frac{1}{n}\right)$$

$$=-g'(0)[\sigma_n(x)-f(x)]+o'\left(\frac{1}{n}\right).$$

THÉORÈME 4. — (g) *étant le même procédé de sommation que précédemment*

$$T_n(g,f,x)-f(x)=g'(0)\frac{\varphi(x)}{n}+o'\left(\frac{1}{n}\right).$$

THÉORÈME 5. — *Si* $f(x)$ *est absolument continue à variation bornée et a pour période* 2π

$$\sigma''_n(x)=o'(n),\qquad \sigma_n^{*''}(x)=o'(n).$$

Nous indiquerons prochainement des applications diverses de ces résultats.

ÉQUATIONS INTÉGRALES. — *Sur les couples d'équations intégrales.* Note de M. **Albert E. Heins**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous nous proposons de montrer que la méthode de MM. Wiener et Hopf pour résoudre certaines équations intégrales du type *compositionnel* (*Faltungtypus*) peut être appliquée à des équations d'une autre catégorie. Cette méthode appartient à la théorie des fonctions analytiques et nous l'utiliserons pour résoudre certains problèmes mixtes, donnés sous la forme d'une paire d'équations intégrales, valable chacune dans un intervalle différent.

A titre d'exemple nous étudierons les deux équations suivantes, utilisées en électrostatique :

$$(1)\qquad \int_0^\infty f(u)\,J_0(ru)\,du=1\qquad \text{pour}\quad 0<r<1,$$

$$(2)\qquad \int_0^\infty uf(u)\,J_0(ru)\,du=0\qquad \text{pour}\quad r>1,$$

où $J_0(ru)$ désigne la fonction de Bessel de première espèce et d'ordre zéro.

Afin de résoudre ces équations en $f(u)$ nous les écrirons, selon MM. Wiener et Hopf, sous la forme suivante :

$$(1')\qquad \int_0^\infty f(u)\,J_0(ru)\,du=g_1(r)\qquad \text{pour}\quad 0<r<\infty,$$

$$(2')\qquad \int_0^\infty uf(u)\,J_0(ru)\,du=g_2(r)\qquad \text{pour}\quad 0<r<\infty,$$

où

$$g_1(r)\equiv 1\quad \text{pour}\ 0<r<1,\qquad g_2(r)\equiv 0\quad \text{pour}\ r>1,$$

les fonctions g_1 et g_2 étant pour le moment indéterminées en dehors des valeurs de r indiquées.

Introduisons maintenant les transformées de Mellin de $f(u)$, $g_1(r)$, $g_2(r)$. Nous noterons

$$\int_1^{\infty} r^{s-1} g_1(r)\, dr = G_1(s) \ldots.$$

En vertu des propriétés connues de $G_1(s)$ et $G_2(s)$, on peut affirmer que $G_1(s)$ est régulière dans un certain demi-plan gauche qui dépend de la croissance de $g_1(r)$ pour $r \to \infty$, tandis que $G_2(s)$ est régulière dans un demi-plan droit qui dépend de la croissance de $g_2(r)$ lorsque $r \to +0$. L'application de la transformation de Mellin aux équations (1′), (2′) donne

$$\frac{2^{s-1}\Gamma\left(\frac{s}{2}\right)F(1-s)}{\Gamma\left(1-\frac{s}{2}\right)} = \frac{1}{s} + G_1(s) \qquad \left(0 < R(s) < \frac{3}{2}\right),$$

$$\frac{2^{s-1}\Gamma\left(\frac{s}{2}\right)F(2-s)}{\Gamma\left(1-\frac{s}{2}\right)} = G_2(s) \qquad \left(0 < R(s) < \frac{3}{2}\right),$$

où Γ désigne la transcendante eulérienne. Éliminant $F(s)$, il vient

$$\frac{\Gamma\left(\frac{s}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1-s}{2}\right)G_2(1+s)}{2\Gamma\left(1-\frac{s}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1+s}{2}\right)} = \frac{1}{s} + G_1(s) \qquad \left(0 < R(s) < \frac{1}{2}\right).$$

Utilisant enfin la méthode de factorisation employée d'abord par N. Wiener et E. Hopf et rendue familière par J. F. Carlson, G. F. Carrier, A. E. Heins, H. Levine et J. S. Schwinger, nous trouvons :

$$G_2(1+s) = \frac{2\Gamma\left(\frac{1+s}{2}\right)}{s\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{s}{2}\right)},$$

$$G_1(s) = \frac{\Gamma\left(\frac{1-s}{2}\right)}{s\Gamma\left(1-\frac{s}{2}\right)}\left[\frac{\Gamma(1)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)} - \frac{\Gamma\left(1-\frac{s}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1-s}{2}\right)}\right].$$

Ces résultats permettent de détérminer $f(u)$ au moyen de la formule d'inversion de Mellin. (*Cf.* E. C. Titchmarsh, *Theory of the Fourier Integrals.*) On peut vérifier que $f(u)$ obtenue par cette méthode satisfait à l'équation

intégrale ainsi qu'aux conditions qui permettent d'appliquer la transformation de Mellin.

La méthode s'applique à des paires d'équations plus générales que (1), (2). D'abord l'unité au second membre de (1) peut être remplacée par une fonction donnée de r pour $0 < r < 1$. Ensuite, au lieu de $J_0(ru)$ on pourrait considérer une fonction quelconque de ru dont la transformée de Mellin jouirait des propriétés convenables.

CALCUL TENSORIEL. — *Tenseurs à structure isotrope.*

Note de M. **Jean-Jacques Moreau**, présentée par M. Henri Villat.

De nombreuses théories invoquent des correspondances linéaires ou multilinéaires entre des grandeurs vectorielles ou tensorielles, ce qui introduit des tenseurs d'un ordre supérieur. Il arrive alors que les conditions physiques, par exemple, imposent à ces relations, et donc aux tenseurs associés, d'avoir une structure *isotrope*, c'est-à-dire décrite par des valeurs numériques invariantes lors de toute rotation des axes de coordonnées.

Il y a donc intérêt à rechercher une fois pour toutes l'expression générale de tels tenseurs, avec le nombre minimum de constantes arbitraires. Sans aborder ici la construction systématique des tenseurs isotropes d'ordre quelconque dans des espaces à un nombre quelconque de dimensions, indiquons les formes générales que nous avons obtenues, pour les ordres usuels, dans l'espace à trois dimensions.

Le système de coordonnées est supposé orthonormal et *de sens déterminé*.

Les *scalaires*, ou tenseurs d'ordre zéro, sont essentiellement isotropes.

Un *vecteur*, ou tenseur d'ordre 1, même imaginaire, n'est jamais isotrope.

Tout tenseur isotrope d'ordre 2 est du type *hydrostatique*

$$A\delta_{ik}.$$

Tout tenseur isotrope d'ordre 3 est de la forme

$$A\varepsilon_{ikl},$$

ε étant le *tenseur d'orientation*, dont nous avons donné les règles de calcul dans une Note antérieure (1) :

$\varepsilon_{ikl} = 0$ si i, k, l ne sont pas distincts;

$\varepsilon_{ikl} = \pm 1$ dans le cas contraire, selon la parité de la permutation.

---

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1472-1474.

Tout tenseur isotrope d'ordre 4 est de la forme

$$A\delta_{ij}\delta_{kl} + B\delta_{ik}\delta_{jl} + C\delta_{il}\delta_{jk}.$$

Tout tenseur isotrope d'ordre 5 est de la forme ([2])

$$A\varepsilon_{ijk}\delta_{lm} + B\varepsilon_{ilm}\delta_{jk} + C\varepsilon_{ikl}\delta_{mj} + D\varepsilon_{lmj}\delta_{kl} + E\varepsilon_{imk}\delta_{lj} + F\varepsilon_{ilj}\delta_{mk}.$$

Notons que, dans l'espace à trois dimensions, un tenseur isotrope d'ordre pair est *retournable,* c'est-à-dire que ses composantes sont également invariantes lorsqu'on change le sens des axes. Au contraire pour un tenseur isotrope d'ordre impair, les composantes changent alors de signe.

Exemple d'application. — *Théorie de la viscosité.* — La théorie classique de la viscosité repose sur l'hypothèse d'une relation linéaire entre le tenseur des actions de viscosité T_{ik} et le tenseur gradient de vitesse :

$$T_{ik} = a_{iklm}\frac{\partial u_l}{\partial x_m}.$$

Le tenseur a_{iklm} doit *a priori* dépendre de la nature du fluide et des variables d'état, volume spécifique et température, données de caractère essentiellement isotrope. Ce tenseur est donc isotrope et s'exprime sous la forme indiquée. On obtient ensuite la loi à deux constantes de Navier par un appel à l'un ou l'autre des arguments suivants :

1° Le tenseur T_{ik} est symétrique ;

2° Les effets de viscosité s'annulent si le mouvement du fluide est un déplacement d'ensemble sans déformation (tenseur $\partial u_l/\partial x_m$ antisymétrique).

Seule est invoquée ici, notons-le, l'isotropie de la loi physique et non l'isotropie matérielle du fluide : Dès qu'on accepte la linéarisation, les scrupules de certains auteurs ([3]), arguant de l'anisotropie (optique, par exemple) acquise par le fluide *du fait de son mouvement,* peuvent être levés.

On n'invoque pas non plus la *retournabilité* : Des fluides doués de propriétés physiques non retournables, telles qu'une action rotatoire de la lumière polarisée, ne doivent donc pas présenter de particularité quant à la viscosité.

([2]) Les expressions du type $\varepsilon_{ijk}\delta_{lm}$, avec différentes dispositions des indices, sont au nombre de dix, mais liées identiquement par quatre relations linéaires, de sorte que leur combinaison linéaire la plus générale s'écrit, d'une manière ou de l'autre, avec six paramètres effectifs seulement.

([3]) Duhem, *Recherches sur l'Hydrodynamique,* 1, p. 19; Lichtenstein, *Grundlagen der Hydromechanik*, p. 286.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur certaines caractéristiques de l'émission ultrasonore de jets gazeux rapides.* Note de MM. **Roger Kling** et **Olivier Guillou**, présentée par M. Maurice Roy.

On étudie l'émission d'ultrasons par des jets d'air rapides pénétrant dans l'atmosphère, et l'on montre que les lois qui régissent le phénomène sont caractérisées par des discontinuités analogues à celles qui ont été rencontrées pour les sons d'arête émis par des jets à très faible vitesse et dont l'origine tourbillonnaire est connue.

On conclut que c'est un mécanisme du même type qui détermine les émissions d'ultrasons étudiées.

Dans une Note antérieure (1), l'un de nous a signalé l'émission d'ultrasons par des jets d'air rapides obtenus au moyen de tuyères convergentes dont l'orifice avait un diamètre de l'ordre du millimètre. Cette émission peut s'observer aisément par la strioscopie, soit à partir du jet libre, soit lorsqu'un obstacle est disposé dans l'écoulement, en formant des ondes stationnaires au moyen de réflecteurs plans (*fig.* 1). La fréquence des ultrasons émis était en général, comprise entre 50 et 400 kc/sec.

Ces observations pouvaient, semblait-il, être rapprochées des phénomènes de production de sons par les jets d'air, signalés par divers auteurs dans un domaine de vitesses et fréquences beaucoup moins élevées (fréquence de 200 à 5000 c/sec., vitesses de l'ordre de 1 m/sec.) et dans lesquels les formations tourbillonnaires jouent un rôle essentiel.

Une étude systématique de l'influence des principaux paramètres de l'écoulement sur les caractères de l'émission ultrasonore semble bien confirmer cette hypothèse.

Dans le cas du jet libre, suivant que l'on dispose un réflecteur plan normalement ou parallèlement à l'axe du jet, on peut observer deux systèmes particuliers bien définis d'ondes stationnaires. Pour chacun d'eux, la longueur d'onde croît avec le diamètre de l'orifice de la tuyère et la pression génératrice.

Pour le premier système d'ondes, la longueur d'onde est, toutes les autres conditions étant égales d'autre part, supérieure à celle relevée pour le second. Elle présente, en fonction de la pression génératrice, des discontinuités dont l'importance relative croît avec le diamètre de l'orifice de la tuyère et qui distribuent la fréquence en étages rappelant ceux qui ont été observés par Brown (2) pour les sons d'arête.

On a pu mettre en évidence, mais dans certains cas seulement, l'existence de tels étages de fréquence avec le second système d'ondes (réflecteur parallèle à l'axe du jet). Mais, cette fois, les discontinuités correspondent à des augmentations brusques de la fréquence, à l'inverse du premier cas.

---

(1) R. Kling et J. Crabol, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1209.

(2) *Proc. Phys. Soc.*, 49, 1937, p. 493-521.

L'interposition d'un obstacle, par exemple d'un plan ou d'un cône centré sur l'axe du jet, stabilise et renforce l'émission ultrasonore qui, comme on l'a déjà signalé, peut s'observer dans ce cas pour des écoulements nettement subsoniques alors qu'on n'a pu l'observer pour le jet libre qu'en régime supersonique. On observe aussi, avec un obstacle, des discontinuités de la fréquence ultrasonore lorsque la pression génératrice varie.

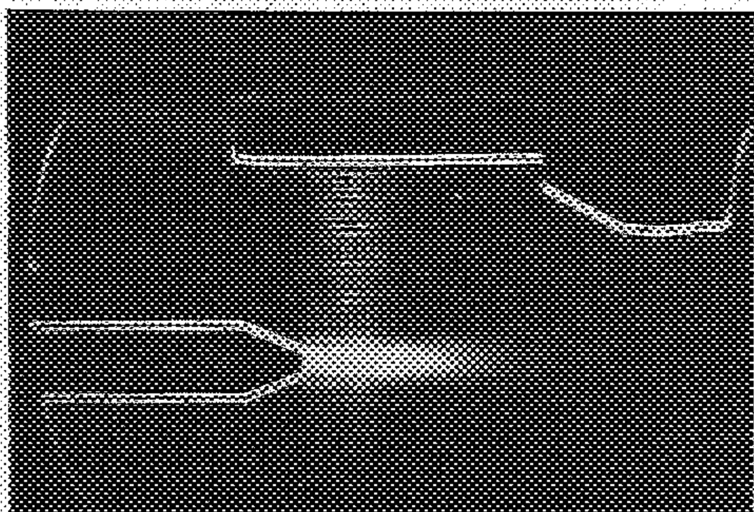


Fig. 1. — Jet libre. Ondes ultrasonores stationnaires. Diamètre de la tuyère 2mm. Pression génératrice 2,9 kg/cm².

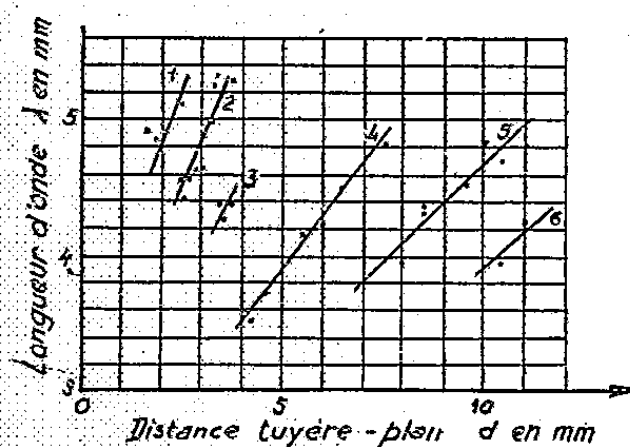


Fig. 2. — Jet avec obstacle (plan), Étage ultrasonore. Diamètre de la tuyère 3mm,5. Pression génératrice 1,65 kg/cm².

Lorsque l'obstacle est suffisamment éloigné de la tuyère, on retrouve les caractéristiques de l'émission du jet libre. Mais, lorsque la distance de l'obstacle à la tuyère est assez faible, la longueur d'onde ultrasonore est fonction de cette distance et varie dans le même sens qu'elle, à certaines discontinuités près qui correspondent à une diminution brusque de la longueur d'onde lorsque la distance croît (*fig.* 2).

La distribution de la longueur d'onde en étages est ici tout à fait analogue à celle qu'a rencontrée Brown (*op. cit.*) dans l'étude des sons d'arête, les sauts de fréquence ne correspondant en aucun cas à des rapports simples d'harmonicité.

Dans le cas des jets lents, la présence d'un obstacle, une arête en particulier, renforce et stabilise également l'émission sonore du jet. Brown a montré, en outre, qu'à la distribution en étages de la fréquence des sons émis correspondait une distribution similaire des formations tourbillonnaires. C'est ainsi qu'il a pu décrire le mécanisme par lequel les tourbillons engendrent des ondes sonores, et mettre en évidence la corrélation étroite des deux types de phénomènes (*op. cit.*). L'analogie constatée entre les distributions en étages de la fréquence des ultrasons que nous avons observés et des sons d'arête de Brown paraît bien confirmer que ces ultrasons ont une origine tourbillonnaire du même type que celle des sons produits par les jets de vitesses faibles.

Des clichés strioscopiques, pris à l'étincelle électrique, d'un jet libre supersonique sans réflecteur à proximité, montrent que l'émission ultrasonore semble

principalement localisée dans les zones tourbillonnaires qui prennent naissance en aval de la région de structure périodique du jet, là où celui-ci s'épanouit en diffusant dans l'air ambiant. Ces tourbillons seraient donc générateurs d'ultrasons, selon un processus analogue à celui décrit par Brown.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Démonstration simple et directe du théorème d'Euler relatif aux orbites paraboliques.* Note (*) de M. **Benjamin de Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Le théorème d'Euler : *Le temps mis par un astre en décrivant la parabole d'une extrémité à l'autre d'une corde ne dépend que de la longueur de la corde*, exprimé par l'équation

$$(1) \qquad 6\tau = (r_1 + r_2 + \sigma)^{\frac{3}{2}} - (r_1 + r_2 - \sigma)^{\frac{3}{2}},$$

se démontre en général, soit en partant des formules du mouvement parabolique, soit en utilisant les considérations générales des orbites limites.

Nous nous proposons de donner ici une démonstration simple, différente de celles données par d'autres auteurs, et permettant de déduire sans peine les relations qui expriment que l'orbite de l'astre est effectivement une parabole.

Remarquons que l'on peut considérer ici le mouvement parabolique, dans le cas rencontré le plus souvent en pratique où la différence $v_2 - v_1 = \psi$ des anomalies vraies de l'astre, aux deux époques t_1 et t_2, est petite et très inférieure à π, de sorte que l'on peut prendre $r_1 + r_2 \neq 2\sqrt{r_1 r_2}$ et, dans l'expression $r_1 r_2 \cos^2\psi/2$, faire $\cos^2\psi/2 = 1$; néanmoins nous conserverons ce facteur et poserons $r_1 r_2 \cos^2\psi/2 = \overline{r_1 r_2}$.

Considérons la relation qui donne le double de l'aire balayée par le rayon vecteur de l'astre dans l'intervalle de temps $t_2 - t_1$, à savoir

$$(2) \qquad r_1 r_2 \sin(v_2 - v_1) = g\sqrt{2q},$$

où, en ne retenant que les deux premiers termes du développement

$$(3) \qquad g = \tau - \frac{\tau^3}{6r^3},$$

g étant le coefficient des séries de Lagrange, fréquemment employées dans les recherches astronomiques, notamment dans les développements des coordonnées héliocentriques de l'astre en fonction du temps $\tau = k(t_2 - t_1)$ et de la distance héliocentrique r à l'époque moyenne t.

(*) Séance du 8 mai 1950.

Étant donné que $\tau > g$, $r > \sqrt{r_1 r_2}$ et qu'en outre $\tau \# g$, $r \# \sqrt{r_1 r_2}$ nous pouvons, sans rompre l'égalité, remplacer, dans le second terme du second membre de la relation (3), τ et r par g et $\sqrt{r_1 r_2}$, et écrire

$$g = \tau - \frac{g^3}{6\left(\sqrt{r_1 r_2}\right)^3} \tag{4}$$

d'où, immédiatement [1],

$$3\tau = \frac{g}{\sqrt{r_1 r_2}}\left(\frac{g^2}{2 r_1 r_2} + 3\sqrt{r_1 r_2}\right). \tag{4 bis}$$

Puis, d'une part, la relation (2) permet d'écrire

$$2\sqrt{r_1 r_2}\sqrt{r_1 r_2}\sin\frac{v_2 - v_1}{2} = g\sqrt{2q}, \tag{5}$$

et, d'autre part, des relations $r_1 = q\,\text{séc}^2(v_1/2)$ et $r_2 = q\,\text{séc}^2(v_2/2)$ on déduit

$$\sin\frac{v_2 - v_1}{2} = \frac{\sqrt{q}\sqrt{r_1 + r_2 - 2\sqrt{r_1 r_2}}}{\sqrt{r_1 r_2}}, \tag{6}$$

d'où, en portant cette valeur dans (5),

$$g = \sqrt{2 r_1 r_2}\sqrt{r_1 + r_2 - 2\sqrt{r_1 r_2}}. \tag{7}$$

Mais, d'après la remarque faite plus haut, cette relation peut aussi s'obtenir simplement en partant des séries de Lagrange, à savoir

$$f_1 = 1 - \frac{\tau_1^2}{2r^3}, \qquad f_2 = 1 - \frac{\tau_2^2}{2r^3}. \tag{8}$$

En effet, en multipliant ces deux séries et en se limitant aux termes du second ordre en τ, on obtient

$$f_1 f_2 = 1 - \frac{\tau_1^2 + \tau_2^2}{2r^3}. \tag{9}$$

Or, en admettant les observations à peu près équidistantes, on a $\tau_2 \# -\tau_1$ et comme $\tau_2 - \tau_1 = \tau$, on en déduit $\tau_1^2 + \tau_2^2 \# (\tau^2/2)$.

En remplaçant donc, dans (9),

$$f_1 f_2 \# 1 \quad \text{par} \quad 1, \qquad 1 \quad \text{par} \quad \frac{r_1 + r_2}{2\sqrt{r_1 r_2}} \# 1 \qquad \text{et} \qquad \frac{\tau^2}{2} \quad \text{par} \quad \frac{g^2}{2},$$

on obtient immédiatement la relation (7) sous la forme

$$1 = \frac{r_1 + r_2}{2\sqrt{r_1 r_2}} - \frac{g^2}{4\left(\sqrt{r_1 r_2}\right)^3}. \tag{7 bis}$$

---

[1] On démontre aisément, mais par des calculs un peu longs, que la relation (4 *bis*) découle des équations donnant le temps T du passage de l'astre au périhélie; ces dernières elles-mêmes se déduisant de l'intégrale des aires.

Portons dans (4 *bis*) la valeur de g qui en résulte : il vient

$$3\tau = \sqrt{2}\sqrt{r_1 + r_2 - 2\sqrt{r_1 r_2}}\left(r_1 + r_2 + \sqrt{r_1 r_2}\right). \tag{10}$$

Mais, comme dans le triangle formé par le Soleil et les deux positions de l'astre, de périmètre $2p = r_1 + r_2 + \sigma$, en évaluant la corde σ, on obtient

$$\sqrt{r_1 r_2} = \sqrt{p(p-\sigma)} \tag{11}$$

et que $2(r_1 + r_2) = (r_1 + r_2 + \sigma) + (r_1 + r_2 - \sigma) = 2p + 2(p - \sigma)$, après substitution dans (10) et multiplication des deux facteurs, on trouve

$$3\tau = \sqrt{2}\left[(\sqrt{p})^3 - (\sqrt{p-\sigma})^3\right], \tag{12}$$

qui est l'équation (1) d'Euler.

On voit bien ainsi que cette équation peut être déduite de (2) et (6), ou, plus simplement, à partir des coefficients des séries de Lagrange (3) et (8).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la quantification du champ métrique et les interactions particules-champs.* III. *Systèmes de particules.* Note de M. **Antonio Gião**, présentée par M. Louis de Broglie.

On déduit des expressions sans singularités pour les tenseurs métriques quantifiés d'un système. D'après ces expressions, le champ newtonien est dû à l'interaction des particules, tandis que le champ coulombien est à la fois un champ d'interaction et un champ propre à chaque particule.

Soit $\nu(=1, 2, \ldots, n)$ l'indice de numérotage des particules (non nécessairement identiques) d'un système. Partons des mêmes relations fondamentales (I, 1) en les affectant de l'indice ν [1]. Pour tenir compte de l'interaction de chaque particule avec les $n-1$ autres particules du système, nous supposons maintenant qu'aux classes d'états quantiques $l = 1$ et $l = 2$ on doit ajouter une troisième classe $l = 3$. Les équations quantifiées du champ seront donc les (I, 3) affectées de l'indice ν et avec

$$\xi^2_{(l,\nu)} = \frac{4\pi K}{c^2} T^l_{(\nu)} - \lambda_g, \qquad \eta^2_{(l,\nu)} = \chi_0\left[\frac{4\pi K_\omega}{c^2} U^l_{(\nu)} - \lambda_\omega\right]. \tag{1}$$

Soit un référentiel x^i_ν par rapport auquel le mouvement *moyen* de la particule ν est nul. Dans x^i_ν les champs propres de la particule sont statiques et ont une symétrie sphérique; conformément à (I, II) cherchons donc, dans x^i_ν, des

---

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 278; *ibid.*, **230**, 1950, p. 434. Ces deux Notes, dont nous supposons connus les résultats et les notations, seront désignées par les abréviations I et II.

solutions de (I, 3) de la forme

$$(2)\quad \begin{cases} [g_{ik}^{(lm)}]_\nu^0 = a_g \left[\vec{\sigma}_{l(\nu)}^{(lm)} \times \nabla_i \varphi_g^l(r_\nu)\right]_k + [b_{(g)ik}^{(lm)}]_\nu f_{(g)}^l(r_\nu), \\ [\omega_{ik}^{(lm)}]_\nu^0 = a_\omega \left[\vec{\sigma}_{l(\nu)}^{(lm)} \times \nabla_i \varphi_\omega^l(r_\nu)\right]_k + [b_{(\omega)ik}^{(lm)}]_\nu f_{(\omega)}^l(r_\nu), \end{cases}$$

r_ν étant, dans x_ν^i, la distance spatiale à la particule ν; $[b_{(g)ik}^{(lm)}]_\nu$ et $[b_{(\omega)ik}^{(lm)}]_\nu$ des quantités constantes dans x_ν^i et $\vec{\sigma}_{l(\nu)}^{(lm)}$ la projection du quadrivecteur spin de la particule dans l'état quantique (l, m) sur l'élément d'hyperplan normal en chaque point à l'axe local des x_ν^i. Les équations (I, 3) donnent alors

$$(3)\quad \begin{cases} [g_{ik}^{(lm)}]_\nu^0 = a_g \left[\vec{\sigma}_{l(\nu)}^{(lm)} \times \nabla_i\left(\dfrac{e^{-\xi_\nu^l r_\nu}}{r_\nu}\right)\right]_k + [b_{(g)ik}^{(lm)}]_\nu \dfrac{e^{-\xi_\nu^l r_\nu}}{r_\nu} + [\beta_{(g)\nu}^{(lm)}]_{ik}\,\delta_{3l}, \\ [\omega_{ik}^{(lm)}]_\nu^0 = a_\omega \left[\vec{\sigma}_{l(\nu)}^{(lm)} \times \nabla_i\left(\dfrac{e^{-\eta_\nu^l r_\nu}}{r_\nu}\right)\right]_k + [b_{(\omega)ik}^{(lm)}] \dfrac{e^{-\eta_\nu^l r_\nu}}{r_\nu} + \chi_0 [\beta_{(\omega)\nu}^{(lm)}]_{ik}\,\delta_{3l} \end{cases}$$

[les constantes $\beta_{(g)\nu}^{(lm)}$ et $\beta_{(\omega)\nu}^{(lm)}$ interviennent dans ces fonctions parce que nous supposons que $\xi_\nu^{(3)} = \eta_\nu^{(3)} = 0$ pour les raisons indiquées plus loin].

Les moyennes quantiques $\langle (g_{ik})_\nu \rangle$ et $\langle (\omega_{ik})_\nu \rangle$ des champs métriques de la particule ν restent finies pour $r_\nu \to 0$. D'autre part, $\sum_m (c_{lm}^2)_\nu \vec{\sigma}_\nu^{(lm)} = 0$ puisque toutes les orientations du spin sont également probables dans x_ν^i, où aucune force extérieure ne sollicite la particule. Il faut enfin tenir compte de la création et annihilation de particules et nous désignerons par C_n^2 la probabilité que le système soit formé de n particules et par N l'entier tel que $C_{N+s}^2 = 0$ pour s entier positif quelconque. Posons $(\alpha_i^p)_\nu \equiv \partial x_\nu^p / \partial x^i$ pour un référentiel quelconque x^i. Des expressions (3) on déduit alors facilement les champs métriques du système dans x^i

$$(4)\quad \begin{cases} \langle g_{ik} \rangle = \sum_0^N C_n^2 \sum_{\nu}^{n} (\alpha_i^p)_\nu (\alpha_k^q)_\nu \left\{ \sum_m (c_{3m}^2)_\nu [\beta_{(g)\nu}^{(3m)}]_{pq} + \dfrac{1}{r_\nu} \sum_{l=1}^{3} \sum_m (c_{lm}^2)_\nu [b_{(g)pq}^{(lm)}]_\nu e^{-\xi_\nu^l r_\nu} \right\}, \\ \langle \omega_{ik} \rangle = \sum_0^N C_n^2 \sum_{\nu}^{n} (\alpha_i^p)_\nu (\alpha_k^q)_\nu \left\{ \chi_0 \sum_m (c_{3m}^2)_\nu [\beta_{(\omega)\nu}^{(3m)}]_{pq} + \dfrac{1}{r_\nu} \sum_{l=1}^{3} \sum_m (c_{lm}^2)_\nu [b_{(\omega)pq}^{(lm)}]_\nu e^{-\eta_\nu^l r_\nu} \right\}, \end{cases}$$

avec les conditions évidentes

$$(5)\quad \sum_{l=1}^{3} \sum_m (c_{lm}^2)_\nu [b_{(g)pq}^{(lm)}]_\nu = 0, \qquad \sum_{l=1}^{3} \sum_m (c_{lm}^2)_\nu [b_{(\omega)pq}^{(lm)}]_\nu = 0.$$

Si, dans un x^i donné, on a les conditions habituelles $\langle g_{ik} \rangle \to \delta_{ik}$ et $\langle \omega_{ik} \rangle \to \chi_0 \delta_{ik}$ pour $r \to \infty$, alors

$$\sum_0^N C_n^2 \sum_{\nu}^{n} (\alpha_i^p)_\nu (\alpha_k^q)_\nu \sum_m (c_{3m}^2)_\nu [\beta_\nu^{(3m)}]_{pq} = \delta_{ik}.$$

Les champs gravifique, nucléaire et électromagnétique qui correspondent à (4) s'obtiennent immédiatement par les relations (I, 8), (II, 1) et (II, 2). La grande portée du champ gravifique doit être assurée dans (4 *a*) par la condition $\xi_\nu^3 = 0$, tandis que la faible portée du champ nucléaire de chaque particule exige, d'après (II, 1), que l'on ait $[b_{(\omega)4q}^{(3m)}]_\nu = 0 (q = 1, 2, 3)$. Par contre, le caractère coulombien du champ électrostatique est assuré par $\eta_\nu^1 = 0$, qui a lieu même pour une particule isolée (*cf.* I). On voit donc que le champ gravifique newtonien est dû à l'interaction des particules, tandis que le champ coulombien peut être à la fois un champ d'interaction des particules d'un système et un champ propre à chaque particule.

Par suite de la présence des $(\alpha'_p)_\nu$, les champs (4) dépendent essentiellement du mouvement des particules et contiennent les réactions de rayonnement, mais la place nous manque pour les analyser ici à ce point de vue.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la recherche de l'équation fonctionnelle d'évolution d'un système en théorie générale des prévisions.* Note de Mme **Paulette Destouches-Février**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'auteur distingue les systèmes à nombre constant de constituants de ceux à nombre variable. Seuls les premiers obéissent à une équation d'onde, les seconds obéissant à une équation opératorielle fonctionnelle telle que celle de Visconti. Dans les deux cas on a des ondes de de Broglie et le principe de décomposition spectrale est valable.

1. En microphysique, un observateur (ou un ensemble d'observateurs) fait des mesures sur un *système physique* issu d'un découpage intentionnel de l'univers, et calcule des prévisions concernant des résultats de mesures ultérieures. On doit distinguer les *systèmes définis* à constituants en nombre constant, et les *systèmes indéfinis* à constituants variables par suite de créations ou d'annihilations, réelles ou virtuelles. Des systèmes étudiés à une approximation grossière (non relativiste) ou des systèmes très particuliers (par exemple corpuscule unique), ou des systèmes fictifs, dits *substratums*, servant d'auxiliaires pour l'étude des systèmes réels (par exemple système dont les constituants sont sans interaction) peuvent seuls être considérés comme définis; on aura donc en général des systèmes indéfinis.

2. Selon la méthode générale de J.-L. Destouches [1], au résultat $\mathcal{E}_A$ de la mesure de la grandeur A effectuée à t_0, sur le système S étudié, est associé un ensemble $\mathfrak{X}_{0;A,\mathcal{E}_A,t_0,S}$ inclus dans l'*ensemble* $\mathfrak{X}_{0,S}$ *des éléments initiaux*, et les prévisions peuvent se calculer à partir de ces éléments en deux étapes :

---

[1] *Corpuscules et systèmes de corpuscules*, Paris, 1, 1941, p. 155-293; *Principes fondamentaux de Physique théorique*, Paris, 2, 1942, p. 489-656

1° Chaque élément initial X_0 est transformé à l'instant t en un élément X_t de l'*ensemble* $\mathfrak{X}_S$ *des éléments de prévision*;

2° Les probabilités évaluant les chances des diverses éventualités concernant le résultat d'une mesure d'une grandeur B qui sera effectuée à l'instant t, s'expriment à partir de X_t par une loi indépendante du temps.

Toute l'évolution des prévisions sur le système se trouve alors décrite par l'*opérateur d'évolution* $\mathfrak{U}(t, t_0)$ liant X_t et X_0; soit

$$X_t = \mathfrak{U}(t, t_0) X_0. \tag{1}$$

3. Selon le *principe d'observabilité* ([2]) on distingue :

1° les *systèmes macroscopiques*, en droit directement observables par les observateurs;

2° les *systèmes microscopiques* qui, en droit, ne peuvent être observés qu'indirectement au moyen d'*appareils de mesure*.

Ceux-ci jouent ainsi un rôle inéliminable; par suite il existe au moins une paire de grandeurs non simultanément mesurables en droit ([3]), et il y a indéterminisme essentiel. Alors la loi indépendante du temps selon laquelle on calcule les probabilités à partir des éléments de prévision X_t est nécessairement le principe de décomposition spectrale ([4]). Par suite un élément initial est une fonction d'onde initiale généralisée, un élément de prévision est une fonction d'onde généralisée à l'instant t. Ainsi, *dans toute théorie microphysique on doit faire intervenir des ondes de de Broglie*.

4. L'évolution des prévisions pour le système étudié sera déterminée lorsqu'on aura fixé une loi pour l'opérateur $\mathfrak{U}(t, t_0)$. Dans les cas les plus simples on a une équation d'onde

$$-i\hbar \frac{\partial \mathfrak{U}}{\partial t} = \mathbf{H}\mathfrak{U},$$

où $\mathbf{H}$ est l'hamiltonien. Récemment divers auteurs ont émis l'opinion que pour un système quelconque on ne pourrait pas écrire d'hamiltonien, on devrait alors renoncer à l'équation d'onde. L'un des problèmes actuels de la physique théorique, mis sous sa forme la plus générale, consiste alors à trouver par quelle sorte d'équation va être déterminé l'opérateur d'évolution $\mathfrak{U}$.

Considérons un système indéfini S; soit X_t un élément de prévision pour l'instant t, calculé à partir du résultat d'une mesure initiale faite à t_0. Soit τ un instant intermédiaire entre t_0 et t. A partir de X_τ on peut calculer les probabilités de création et d'annihilation de corpuscules pour cet instant τ.

([2]) P. Destouches-Février, *Theoria*, 15, 1949, p. 82.

([3]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 553-555. *La structure des théories physiques*, Paris, 1950, Chap. V, § 2.

([4]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 866-868.

Si, à τ, des créations ou annihilations avaient lieu, ceci modifierait l'évolution du système postérieurement à τ et devrait réagir sur l'évolution des éléments de prévision X_t. Et ceci peut avoir lieu à tout instant intermédiaire entre t_0 et t. Mais il est impossible de savoir si de telles créations ou annihilations ont lieu effectivement ou n'ont pas lieu effectivement, puisqu'on suppose qu'on n'observe pas le système S entre t_0 et t. Dans cet intervalle de temps, les créations ou annihilations, de même que les permanences, ne sont donc, vis-à-vis de nos connaissances, que potentielles et non pas réalisées. Mais de cette potentialité même, à tout instant τ intermédiaire, on doit tenir compte dans l'évaluation des prévisions pour les instants ultérieurs, cela conformément au caractère subjectiviste d'une théorie microphysique. L'évolution des éléments de prévision X_t se fera alors, comme l'a pensé M. A. Visconti ([5]), par une loi héréditaire; celle-ci, en vertu de (1), donne pour $\mathfrak{U}$ une équation opératorielle fonctionnelle de la forme.

$$\mathfrak{U}(t, t_0) = \mathfrak{U}_0(t, t_0) + \mathop{\mathfrak{F}}_{\tau=t_0}^{\tau=t} \mathfrak{U}(\tau, t_0),$$

où $\mathfrak{F}$ est un certain suropérateur qui s'explicite en un opérateur intégral. Cette équation fournit la solution du problème général de l'évolution des prévisions. $\mathfrak{U}_0$ est l'opérateur d'évolution d'un système fictif S_0 auxiliaire, dit *substratum* de S et obéissant à une équation d'onde. Pour qu'un système admette une équation d'onde, il est donc nécessaire qu'il soit défini.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Équation intégrale opératorielle d'évolution d'un système physique.* Note de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'auteur propose une hypothèse d'hérédité (au sens de Volterra) pour régler l'évolution des prévisions en microphysique. Ceci fournit une équation intégrale entre opérateurs à partir de laquelle on retrouve les équations de base que M. R. P. Feynman a obtenues dans sa *Théorie du positon*.

1. Soient $\mathfrak{U}(t, t_0)$ l'opérateur d'évolution ([1]) d'un système physique S quelconque et $\mathfrak{U}^0(t, t_0)$ celui du substratum ([2]) S_0 de S, lequel est un système fictif auxiliaire obéissant à une équation d'ondes d'hamiltonien $\mathbf{H}^0$. En particulier S_0 peut être considéré comme un système non perturbé tandis que le système réel S est un système perturbé.

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1744.

([1]) J.-L. Destouches, *Corpuscules et systèmes*, Paris, 1941, 1, p. 218; *Principes fondamentaux de Physique théorique*, Paris, 1942, 2, p. 514.

([2]) P. Destouches-Février, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1742.

Nous admettrons que *les prévisions concernant* S *évoluent selon une loi héréditaire,* suivant la terminologie de Volterra ([3]), ce qui nous conduit à l'équation opératorielle fonctionnelle :

$$\mathcal{U}(t, t_0) = \mathcal{U}^0(t, t_0) + \underset{\tau=t_0}{\overset{\tau=t}{\mathbf{F}}} \mathcal{U}(\tau, t_0). \tag{1}$$

Cette hypothèse se présente comme naturelle si, avec Mme P. Destouches-Février ([2]) on la fait reposer sur le caractère subjectiviste de la micro-physique. Nous admettrons comme deuxième hypothèse que *le suropérateur* $\mathbf{F}$ *est linéaire :* ceci résulte du fait que des superpositions dans les conditions initiales doivent entraîner des superpositions dans les prévisions. $\mathbf{F}$ est alors représentable par un opérateur intégral, d'où l'équation

$$\mathcal{U}(t, t_0) = \mathcal{U}^0(t, t_0) + \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\mathcal{U}(\tau, t_0)\, d\tau, \tag{2}$$

où $\mathcal{F}$ est un certain opérateur linéaire. Dans le cas du régime permanent correspondant à un système conservatif, $\mathcal{F}$ doit être indépendant d'un changement quelconque d'origine des temps, ceci le réduit à $\mathcal{F}_0(t-\tau)$. L'existence et le calcul des solutions de (2), équation opératorielle analogue à une équation de Volterra ([3]), s'établit par une méthode d'approximations successives qui conduit à écrire

$$(3)\quad \begin{cases} \mathcal{U}^{(0)}(t, t_0) = \mathcal{U}^0(t, t_0), \quad \mathcal{U}^{(1)}(t, t_0) = \mathbf{F}\,\mathcal{U}^0(t, t_0) = \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau_1)\mathcal{U}^0(\tau_1, t_0)\, d\tau_1, \quad \ldots, \\ \mathcal{U}^{(n)}(t, t_0) = \mathbf{F}\,\mathcal{U}^{(n-1)}(t, t_0) \\ \qquad = \int_{t_0}^{t}\int_{t_0}^{\tau_n}\cdots\int_{t_0}^{\tau_1} \mathcal{F}(t, \tau_n).\mathcal{F}(\tau_n, \tau_{n-1})\ldots\mathcal{F}(\tau_2, \tau_1)\mathcal{U}^{(0)}(\tau_1, t_0)\, d\tau_n\ldots d\tau_1. \end{cases}$$

2. Des propriétés de $\mathcal{F}(t, \tau)$ se déduisent du *raccord* avec le cas de l'hamiltonien : $\{\mathbf{H}^0 + \mathbf{R}\}\mathcal{U} = i\hbar(\partial\mathcal{U}/\partial t)$ où $\mathbf{R}$ est le terme perturbateur. La méthode d'approximations successives appliquée à cette équation conduit, si l'on identifie les deux approximations de $\mathcal{U}$ obtenues par les deux méthodes à écrire, que $\mathcal{F}$ satisfait à

$$\left\{\mathbf{H}^0 - i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\right\}\mathcal{F}(t, \tau) = 0 \qquad \text{si} \quad \tau \neq t$$

et

$$\mathcal{F}(t, t) = -i\hbar\mathbf{R}(t) \qquad \text{si} \quad \tau = t.$$

([3]) *Leçons sur les fonctions de lignes* (recueillies par J. Pérès), Paris, 1913.

3. Nous retrouvons les relations de M. R. P. Feynman ([4]) en posant

$$(4)\quad \mathcal{U}^0(t, t_0) = \int_\Omega \mathrm{K}^0(x, t; \xi, t_0)\{.\}\,d^3\xi, \qquad \mathcal{U}(t, t_0) = \int_\Omega \mathrm{K}(x, t; \xi, t_0)\{.\}\,d^3\xi;$$

$$\mathcal{F}(t, \tau) = \int_\Omega \mathrm{F}(x, t; \xi, \tau)\{\cdot\}\,d^3\xi;$$

K^0, K, F jouent le rôle de densités spatiales. Ces expressions portées en (2) montrent que K est solution de l'équation intégrale

$$(5)\quad \mathrm{K}(x, t; \xi, t_0) = \mathrm{K}^0(x, t; \xi, t_0) + \int_{t_0}^{t}\int_\Omega \mathrm{F}(x, t; \xi_1, \tau_1)\,\mathrm{K}(\xi_1, \tau_1; \xi, t_0)\,d^3\xi_1\,d\tau_1.$$

Comme $\mathcal{U}^0(t_0, t_0) = 1$, ce qui assure $\mathcal{U}(t_0, t_0) = 1$, $\mathrm{K}^0(x, t_0; \xi, t_0)$ joue le rôle d'une fonction δ en x et ξ. Si l'on choisit pour base les fonctions propres $\Phi_n(x, y, z)$ de $\mathbf{H}^0$, on peut écrire

$$(6)\quad \mathrm{K}^0(x, t; \xi, t_0) = \Sigma_n \Phi_n^*(\xi)\Phi_n(x)\,e^{-\frac{i}{\hbar}\mathrm{E}_n(t-t_0)}.$$

Les conditions déterminant $\mathcal{F}$ montrent alors que

$$(7)\quad \mathrm{F}(x, t; \xi, \tau) \equiv -i\hbar\,\mathrm{K}^0(x, t; \xi, \tau)\,\mathrm{R}(\xi, \tau),$$

on a donc bien l'équation donnée par M. R. P. Feynman :

$$(8)\quad \mathrm{K}(x, t; \xi, \tau) = \mathrm{K}^0(x, t; \xi, \tau) - i\hbar\int_{t_0}^{t}\int_\Omega \mathrm{K}^0(x, t; \xi_1, \tau_1)\,\mathrm{R}(\xi_1, \tau_1)\,\mathrm{K}(\xi_1, \tau_1; \xi, \tau)\,d^3\xi_1\,d\tau_1.$$

4. Pour retrouver la matrice S de Heisenberg, nous nous plaçons dans le cas permanent en renvoyant l'instant de la mesure initiale et celui de l'observation vers l'infini. Les opérateurs d'évolutions tendent vers des opérateurs spatiaux notés $\mathbf{U}$; par analogie :

$$(9)\quad \mathbf{U}(\mathrm{M}, \mathrm{M}_{0\Sigma}) = \mathbf{U}^0(\mathrm{M}, \mathrm{M}_{0\Sigma}) + \mathbf{F}_{st}(\mathrm{M}, \mathrm{P}).\mathbf{U}(\mathrm{P}, \mathrm{M}_{0\Sigma}),$$

$\mathrm{M}_{0\Sigma}$ représentant le point courant de la variété Σ portant les conditions aux limites propres à déterminer $\mathbf{U}$ dans tout l'espace. $\mathbf{F}_{st}$ est fixé comme précédemment en utilisant le *raccord* avec le cas hamiltonien ; on trouve :

$$\{\mathbf{H}_{\mathrm{M}}^0 - \mathrm{E}\}\,\mathbf{F}_{st}(\mathrm{M}, \mathrm{P}) = -\,\delta_{\mathrm{M,P}}\mathrm{V}(\mathrm{P}),$$

d'où les noyaux habituels. L'approximation de Born donne ([5])

$$\mathbf{S} = \mathbf{U}^{(1)}(\mathrm{M}, \mathrm{M}_{0\Sigma}) \equiv \mathbf{F}_{st}(\mathrm{M}, \mathrm{P})_0\,\mathbf{U}^{(0)}(\mathrm{P}, \mathrm{M}_{0\Sigma}).$$

([4]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 749.

([5]) L. DE BROGLIE, *De la Mécanique ondulatoire à la théorie du noyau*, 3, p. 42. *Voir* également. *Mém. Sc. Phys.*, 1, 1928, *in fine*.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Quelques propriétés de l'équation intégrale opératorielle d'évolution.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Considérons l'équation opératorielle d'évolution de M. A. Visconti [1]

$$\mathcal{U}(t, t_0) = \mathcal{U}^0(t, t_0) + \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\, \mathcal{U}(\tau, t_0)\, d\tau. \tag{1}$$

Plaçons-nous dans le cas particulier où l'opérateur d'évolution $\mathcal{U}$ est dérivable par rapport à t. En dérivant, de (1) on obtient

$$-i\hbar\frac{\partial \mathcal{U}}{\partial t} = \{\mathbf{H}^0 - i\hbar\mathcal{F}(t, t)\}\,\mathcal{U}(t, t_0) - \int_{t_0}^{t}\left\{i\hbar\frac{\partial}{\partial t} + \mathbf{H}^0\right\}\mathcal{F}(t, \tau).\mathcal{U}(\tau, t_0)\, d\tau.$$

La condition de *raccord* avec la mécanique ondulatoire exige que l'intégrale soit nulle, ce qui détermine $\mathcal{F}(t, \tau)$ comme donnant un produit nul avec l'accolade sous le signe $\int$ et permet d'égaler $-i\hbar\,\mathcal{F}(t, t)$ au terme d'interaction. En général, $\mathcal{U}$ n'est pas dérivable et l'on n'a pas d'équation d'onde : un exemple est celui où l'opérateur $\mathcal{F}(t, \tau)$ ne tend pas vers une limite définie pour $\tau = t$ bien que l'intégrale existe; l'équation (1) fournit donc un élargissement effectif de l'équation d'ondes. Dans un changement d'observateurs galiléens liés par une transformation de Lorentz, $\mathcal{U}^0$ est transformé conformément à l'invariance de forme de l'équation d'onde et $\mathcal{U}$ subit un changement semblable; le principe de relativité se traduit par l'invariance de la forme fonctionnelle de l'opérateur $\mathcal{F}(t, \tau)$.

2. Si nous changeons de représentation pour les fonctions d'onde

$$\psi(\mathrm{M}, t) = \int_{\mathrm{E}} \mathrm{G}(\mathrm{M}, \mathrm{P})\,\varphi(\mathrm{P}, t)\, dv_{\mathrm{P}}, \qquad \psi^0(\mathrm{M}, t) = \int_{\mathrm{E}} \mathrm{G}(\mathrm{M}, \mathrm{P})\,\varphi^0(\mathrm{P}, t)\, dv_{\mathrm{P}}, \tag{2}$$

la transformation étant inversable avec un noyau $\mathrm{G}^{(-1)}$ (transformation canonique), l'équation pour ψ déduite de (1) est transformée par l'équation

$$\varphi(\mathrm{P}, t) = \varphi^0(\mathrm{P}, t) + \int_{t_0}^{t}\int_{\mathrm{E}} \Phi(\mathrm{P}, t;\, \mathrm{Q}, \tau)\,\varphi(\mathrm{Q}, \tau)\, dv_{\mathrm{Q}}\, d\tau, \tag{3}$$

où la fonction Φ est liée à F qu'on obtiendrait à partir de (1) par

$$\Phi(\mathrm{P}, t;\, \mathrm{Q}, \sigma) = \int_{\Omega}\int_{\Omega} \mathrm{G}^{(-1)}(\mathrm{P}, \mathrm{M})\,\mathrm{F}(\mathrm{M}, t;\, \mathrm{N}, \tau)\,\mathrm{G}(\mathrm{N}, \mathrm{Q})\, dv_{\mathrm{N}}\, dv_{\mathrm{M}}; \tag{4}$$

leur ensemble forme un groupe de rotations dans l'espace des fonctions d'ondes. En particulier, on peut ainsi passer de la représentation x à p.

---

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1744.

3. Appelons intégrale première une grandeur autoprévisible dont les valeurs propres sont indépendantes du temps. Si $\mathbf{A}(t)$ est l'opérateur associé, il satisfait à $\mathbf{A}(t)\mathcal{U}(t, t_0)=\mathcal{U}(t, t_0)\mathbf{A}_0$. Soit de même $\mathbf{A}^0(t)$ tel que $\mathbf{A}^0(t)\mathcal{U}^0(t, t_0)=\mathcal{U}^0(t, t_0)\mathbf{A}_0$; de (1) résulte :

$$\{\mathbf{A}(t)-\mathbf{A}^0(t)\}\mathcal{U}^0(t, t_0)=\int_{t_0}^{t}\{\mathcal{F}(t,\tau)\mathbf{A}(\tau)-\mathbf{A}\ (t)\mathcal{F}(t,\tau)\}\mathcal{U}(\tau, t_0)d\tau,$$

$$\{\mathbf{A}(t)-\mathbf{A}^0(t)\}=\int_{t_0}^{t}\{\mathcal{F}(t,\tau)\mathbf{A}(\tau)-\mathbf{A}^0(t)\mathcal{F}(t,\tau)\}\{.\}\,d\tau.$$

Si $\mathbf{A}(t)$ est intégrale première à la fois pour S et S_0, alors

$$\mathcal{F}(t,\tau)\mathbf{A}(\tau)-\mathbf{A}(t)\mathcal{F}(t,\tau)=0.$$

Pour l'énergie $\mathbf{W}$ on a pour un système conservatif

$$\mathbf{W}(t)\mathcal{U}(t, t_0)=\mathbf{H}^{(0)}\mathcal{U}^0(t, t_0)+\int_{t_0}^{t}\mathcal{F}(t,\tau)\mathbf{W}(\tau)\mathcal{U}(\tau, t_0)\,d\tau.$$

4. Soit S_0 le substratum des systèmes S et S_1 dont l'évolution est réglée par des équations de la forme (1). S_1 peut être pris comme substratum de S en n'ayant qu'une équation de la forme (1) pour le régir

$$\mathcal{F}_{S,0}(t,\tau)=\mathcal{F}_{S,1}(t,\tau)+\mathcal{F}_{1,0}(t,\tau)\left[1-\int_{t_0}^{\tau}\mathcal{F}_{S,1}(\theta, t)\{.\}\,d\theta\right].$$

Ceci définit une *opération de composition* pour les opérateurs $\mathcal{F}$ et donne lieu à une méthode d'approximations successives correspondant à une suite de perturbations ou de diffusions de différents ordres.

5. Si l'on considère comme système S un électron ou un nucléon dans un champ, $\mathcal{F}$ est développable sur la base de l'anneau des α, de même pour un méson ou un photon de Louis de Broglie. Dans ce cas des relations entre fonctions d'ondes Φ_{ij} et potentiels et champs χ_α résulte

$$\chi_\alpha(t)=\chi_\alpha^0(t)+\int_{t_0}^{t}\Sigma_\beta\,\mathcal{K}_{\alpha\beta}(t,\tau)\,\chi_\beta(\tau)\,d\sigma,$$

venant remplacer les équations de Maxwell. Si le système S est constitué par un électron et un photon en interaction, on retrouve les résultats de Louis de Broglie par un choix convenable de $\mathcal{F}$: ceci évite d'avoir à écrire une équation différentielle à potentiel en δ.

6. On peut déduire l'équation sur les noyaux de R. P. Feynman [2],

$$K(2, 1)=K^0(2, 1)-i\int_{t_0}^{t}\int_{\Omega}K^0(2, 3)\,R(3)\,K^0(3, 1)\,d^4v_3$$

---

(2) R. P. FEYNMANN, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 749 et 752.

(écrite avec les notations de Kneser), d'un principe variationnel. Le noyau K^0 employé est tel que

$$K^0(x, t, \xi, \tau)\begin{cases} = 0 & \text{si } \tau > t \quad \text{et} \quad \tau < t_0, \\ = \Sigma_n \Phi_n(x)\Phi_n^*(\xi)\, e^{-\frac{i}{\hbar}E_n(t-\tau)} & \text{si } t_0 < \tau < t. \end{cases}$$

On peut prendre comme *action héréditaire*,

$$S = \int d^4 v_2 K(2, 1)\left\{\frac{1}{2}K(2, 1) - K^0(2, 1) - i\int K^0(2, 3)\, R(3)\, K(3, 1)\, d^4 v_3\right\}.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur certaines propriétés détectrices présentées par des lames minces d'argent.* Note (*) de MM. **André Blanc-Lapierre** et **Marcel Perrot**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié, en basse fréquence, les propriétés détectrices liées à la courbure de la caractérisque courant-tension de très minces films d'argent soumis à des champs électriques élevés (influence de la tension continue de polarisation, de la tension alternative et de la fréquence).

Introduction. — Dans une Note antérieure ([1]), dont nous conservons les notations, nous avons indiqué que la loi d'Ohm ne s'appliquait pas aux films d'argent très minces soumis à des champs électriques élevés. Nous donnons maintenant quelques résultats relatifs à la conductibilité de ces mêmes lames en régime périodique.

1. *Technique expérimentale.* — Si l'on applique à une lame la somme d'une tension continue V (tension de polarisation) et d'une tension sinusoïdale de valeur efficace v et de fréquence f, on prévoit, d'après la forme de la caractéristique courant-tension, que le courant traversant la lame passera de la valeur I correspondant à V à une valeur $I + i$ supérieure. Nous avons étudié i en fonction de v, V et f au moyen d'un dispositif comportant :

1° Une source de tension continue réglable de -100 à $+100$ V.

2° Une source de tension alternative pouvant délivrer au moins 25 V sur toute la gamme allant de 50 à 10 000 c/sec. Un atténuateur réglable permettait d'obtenir des tensions plus faibles.

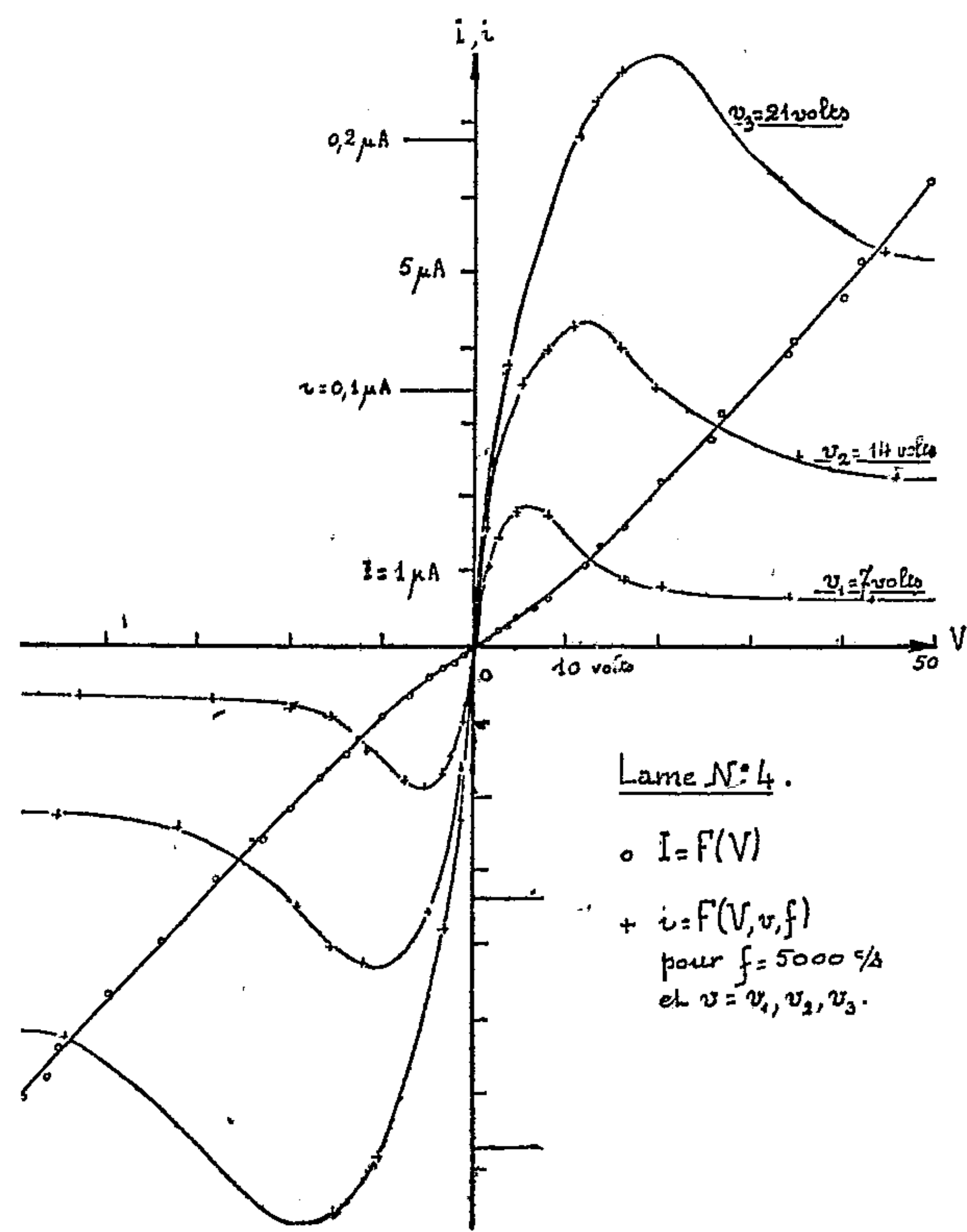
3° Deux galvanomètres fournissaient respectivement la valeur du courant $I + i$ (et, en particulier, I pour $v = 0$) et, grâce à un circuit de compensation, une valeur précise de i.

2. *Résultats.* — La figure représente, pour la lame n° 4, i en fonction de V pour diverses valeurs de v et $f = 5000$ c/sec [on a représenté aussi la courbe

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) A. Blanc-Lapierre et M. Perrot, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1641.

donnant I en fonction de $V(v=0)$]. Pour v et f fixés, i passe par un maximum i_m obtenu pour une certaine valeur de V. Soit V_m cette valeur et I_m l'intensité correspondant à V_m pour $v=0$. Le tableau ci-dessous fournit,



pour quelques-unes des lames étudiées, les valeurs de i_m, V_m, I_m correspondant à plusieurs valeurs de v. On donne aussi une majoration de la puissance W′ dissipée dans le film.

	v.	i_m(μA).	V_m(V).	I_m(μA).	W′(mW).
Lame n° 4	7	0,06	6	0,5	0,010
	14	0,13	12	1,1	0,05
	21	0,24	20	2,1	0,15
Lame n° 5	7	0,08	5	0,4	0,005
Lame n° 6	0,42	0,032	0,75	0,55	0,001
	0,84	0,120	1,20	1,05	0,002
	1,40	0,250	1,50	1,35	0,010
	4,20	1,300	4,50	6,40	0,080
Lame n° 7	1,4	0,20	1,4	1,1	0,004
	4,2	3,34	12,5	17	0,300

On peut préciser ce qui précède par les remarques suivantes :

1° Nous avons observé que l'application, au début de l'évolution spontanée,

d'une tension alternative relativement élevée pouvait provoquer une modification irréversible de la résistance. Lorsque l'évolution est suffisamment avancée, l'expérience montre que l'application de tensions alternatives ne provoque pas de modification irréversible notable. C'est à ce stade que nous nous sommes placés pour effectuer les mesures et nous n'avons utilisé que des tensions relativement faibles

2° Les résultats que nous avons donnés correspondent à $f = 5000$ c/sec. L'expérience a montré que i est indépendant de f à quelques centièmes près entre 50 et 10 000 c/sec.

3° Nous avons, dans certains cas, observé des effets de détection importants pour une puissance totale dissipée n'excédant pas le microwatt. D'autre part, l'étude de la vitesse de variation de résistance de la lame au cours d'un léger chauffage par rayonnement et au cours du refroidissement qui suit montre que la constante de temps thermique est supérieure à la minute. Or lorsqu'on supprime v, i s'annule et ne manifeste pas d'inertie supérieure à celle du galvanomètre. Ces remarques conduisent à penser que l'échauffement des lames sous l'action du courant ne joue pas un rôle essentiel dans l'explication des phénomènes décrits.

MAGNÉTISME. — *Relation entre la structure cristalline et les propriétés magnétiques des ferrites mixtes de nickel et de zinc.* Note (*) de MM. **Max Sage** et **Charles Guillaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'étude par les rayons X de la structure cristalline des ferrites mixtes de nickel et de zinc nous a permis d'émettre des hypothèses sur la distribution des ions entre les sites A et B et de relier le comportement magnétiques des ions à cette distribution.

La figure 1 représente la valeur de l'arête du cube élémentaire en fonction de la composition moléculaire. On peut constater qu'elle varie linéairement, en accord avec les hypothèses de Verwey et Heilmann ([1]) et conclure à un passage progressif du ferrite inverse au ferrite normal.

La figure 2 représente le rapport des intensités des raies (220) et (400). Ce couple de raies, qui a été utilisé par Bertaut ([2]), est l'un des plus sensibles à la structure du spinelle. Soient p le titre moléculaire en nickel, x_1 la proportion des ions Ni dans les cavités octaédriques (sites B), x_2 la proportion des ions Zn dans ces mêmes cavités.

La courbe I, obtenue par le calcul, correspond au cas $x_1 = 1$, $x_2 = 0$. La courbe II représente les résultats expérimentaux. Les mesures des

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) *Chem. Phys.*, 15, 1947, p. 174.

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 213.

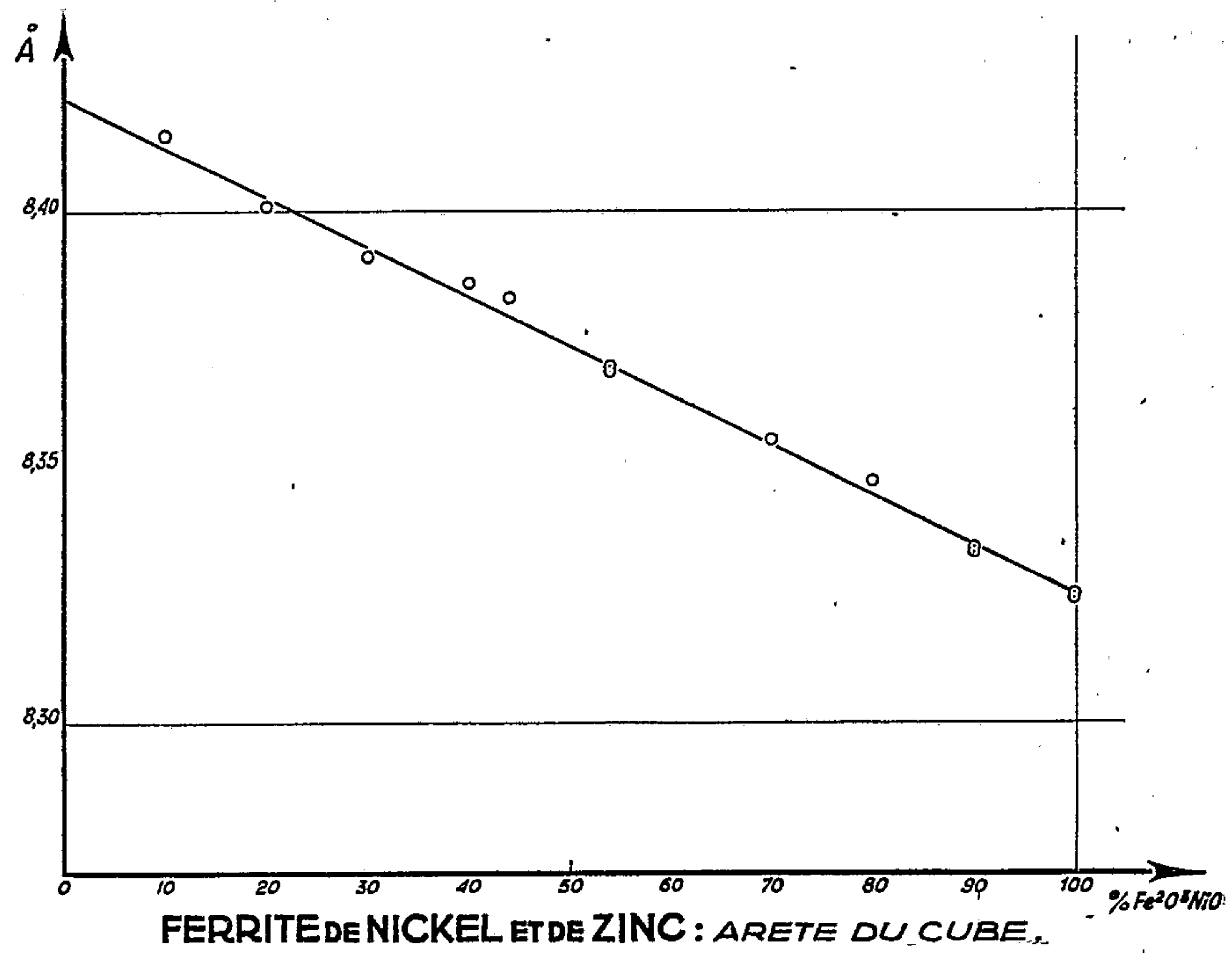

Å
8,40
8,35
8,30
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
% Fe²O³NiO
FERRITE DE NICKEL ET DE ZINC : ARETE DU CUBE.

Fig. 1.

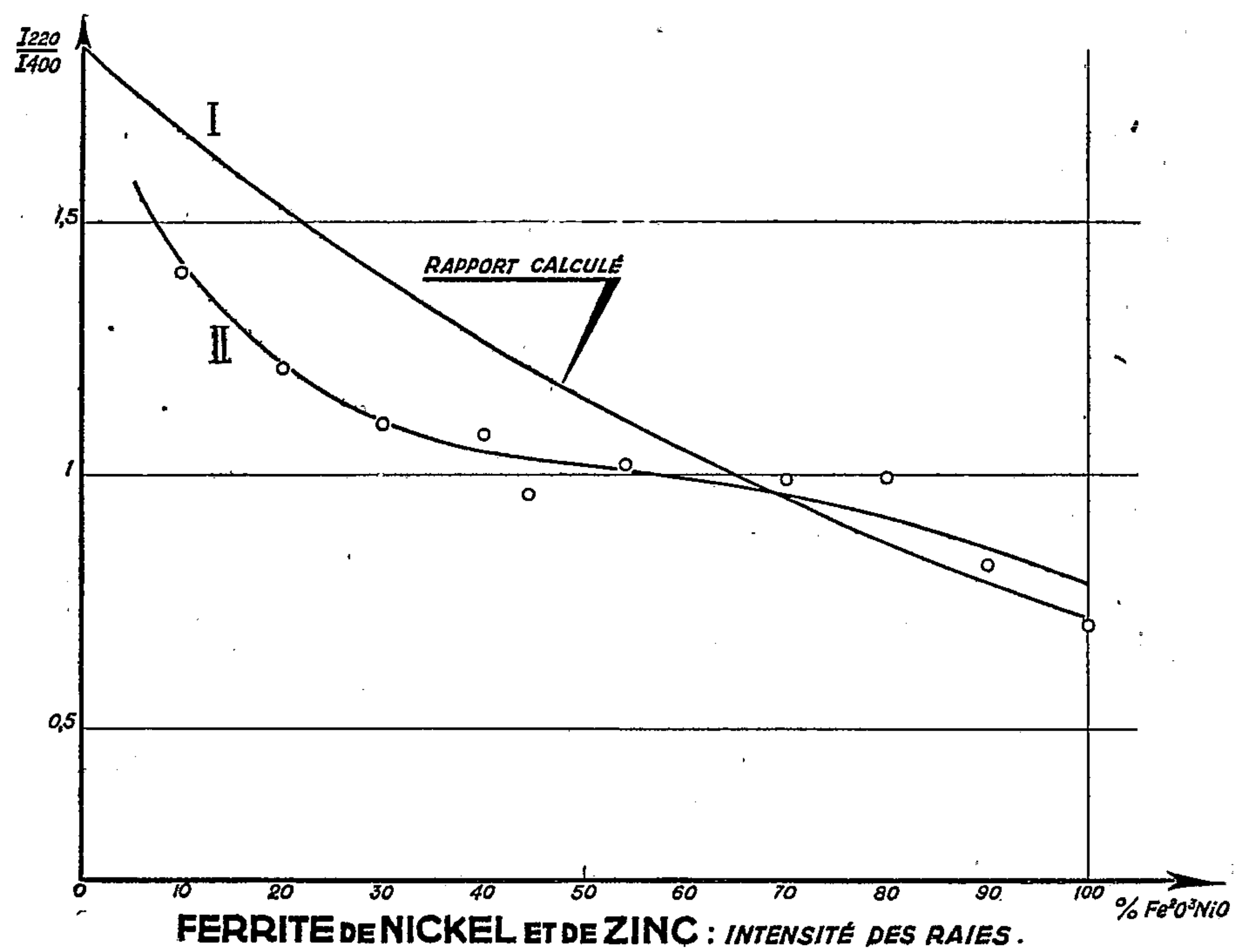

I220/I400
I
II
1,5
1
0,5
RAPPORT CALCULÉ
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
% Fe²O³NiO
FERRITE DE NICKEL ET DE ZINC : INTENSITÉ DES RAIES.

Fig. 2.

intensités des raies d'un seul diagramme ne permettent pas de préciser complètement la structure d'un ferrite mixte, et de calculer x_1 et x_2. Mais nous espérons apporter plus de précision en utilisant les anomalies des facteurs de structure au voisinage des arêtes d'absorption.

Cependant, on peut déjà tirer de nos résultats les conclusions suivantes : Lorsque p varie de 100 à environ 65 %, les points expérimentaux se tiennent au-dessus de la courbe I, ou à la limite, compte tenu de toutes les causes d'erreur, se placent sur elle. On peut montrer que, dans ce cas, on a nécessairement $x_1 \leq 1$, c'est-à-dire qu'une certaine proportion des ions Ni peut occuper les sites A.

Lorsque p varie de 0 à environ 65 %, les points expérimentaux se placent nettement au-dessous de la courbe I. On montre que l'on a dans ce cas $x_2 > 0$, c'est-à-dire qu'une certaine proportion des ions Zn occupe les sites B.

On peut utiliser ces premiers résultats pour un essai d'interprétation des propriétés magnétiques déjà publiées ([3]) de ces ferrites.

Lorsque p décroît de 100 à environ 65 %, on constate que le moment moléculaire à saturation varie d'une façon linéaire en fonction de p, mais on trouve un moment légèrement supérieur à celui que donnerait le spin seul; de plus, l'extrapolation jusqu'à $p = 0$ donne $10\,\mu_B$ (magnétons de Bohr).

Ces résultats peuvent s'interpréter dans les hypothèses de Néel ([4]), mais on peut retenir comme autre hypothèse partielle possible, la présence d'une fraction des ions Ni dans les sites A, ce qui expliquerait qualitativement l'excès de moment observé.

Quand p est < 65 %, le moment moléculaire décroît rapidement. Indépendamment de toutes autres hypothèses, le fait que les ions Zn occupent des sites B permet d'envisager une diminution du moment magnétique. Le Zn prend en effet la place, soit d'un Ni, soit d'un Fe, ce qui se traduit par une variation de $-2\,\mu_B$ ou de $-5\,\mu_B$. Nos études en cours apporteront probablement plus de précision dans ce mécanisme.

Lorsque p est voisin de zéro, les ions Zn émigrent vers les sites A, mais les interactions BB sont alors prépondérantes.

([3]) C. Guillaud, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1133.

([4]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 375.

HAUTES FRÉQUENCES. — *Emploi d'un montage autooscillateur pour l'étude de la résonance nucléaire.* Note (*) de MM. **Robert Gabillard** et **Michel Soutif**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude théorique d'un oscillateur à deux circuits couplés, utilisé à la détection de la résonance nucléaire. Expression des variations de fréquence et d'amplitude de l'oscillation en fonction des variations de susceptibilité nucléaire.

1. *Fonctionnement de l'oscillateur.* — Le schéma de principe de l'oscillateur est donné par la figure 1; son équation est du quatrième ordre.

$$\left(M_4\frac{d^4}{dt^4}+M_3\frac{d^3}{dt^3}+M_2\frac{d^2}{dt^2}+M_1\frac{d}{dt}+M_0\right)V_1, \tag{1}$$

avec

$$M_4=1,$$
$$M_3=2\left[\alpha_1+\alpha_2-\frac{KC'}{C_1C_2}(\rho_0-A_1)\right],$$
$$M_2=\Omega_1^2+\Omega_2^2+4\alpha_1\alpha_2,$$
$$M_1=2[\alpha_1\Omega_2^2+\alpha_2\Omega_1^2],$$
$$M_0=\Omega_1^2\Omega_2^2.$$

Les notations suivantes ont été utilisées : Ω_1 fréquence propre du circuit grille, Ω_2 fréquence propre du circuit plaque, α_1 coefficient d'amortissement du circuit grille $\alpha_1=\Omega_1/2q_1$, α_2 coefficient d'amortissement du circuit plaque $\alpha_2=\Omega_2/2q_2$.

La lampe $6AK_5$ possède une caractéristique de grille approximativement parabolique de la forme $I_p=K(V_g-V_0)^2$, (V_0 recul de grille), ce qui conduit à une fréquence

$$\omega^2=\frac{\Omega_1^2+\Omega_2^2+4\alpha_1\alpha_2}{2}\pm\frac{1}{2}\sqrt{(\Omega_1^2-\Omega_2^2)^2+8a_1a_2(\Omega_1^2\Omega_2^2+2\alpha_1\alpha_2)}$$

et à une amplitude

$$A_1=\frac{C_1C_2}{KC'}\left[\frac{\alpha_1\Omega_2^2+\alpha_2\Omega_1^2}{\omega^2}-(\alpha_1+\alpha_2)\right]+\rho_0.$$

2. *Application à la résonance magnétique nucléaire.* — La bobine du circuit oscillant de grille contient l'échantillon étudié.

Il est connu ([1]) que la résonance paramagnétique nucléaire se manifeste par une variation de l'inductance L_0 et de la résistance apparente r_0 de cette bobine, qui deviennent :

$$r=r_0+4\pi\varphi\chi''\omega t_0,$$
$$L=L_0(1+4\pi\varphi\chi') \qquad (\varphi \text{ facteur de remplissage}),$$

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) M. Soutif, *J. Phys.*, série VIII, 10, n° 11, 1949, p. 61-78.

et avec le dispositif expérimental adopté ([2]) ces variations sont périodiques, ($f = 100$ Hz).

Il en résulte une modulation de fréquence du signal émis par l'autodyne, $d\omega/\omega = \pi\varphi(\chi' - \sqrt{q_1/q_2}\,\chi'')$ et une modulation d'amplitude qu'on peut mesurer séparément. Nous étudierons ici la modulation d'amplitude, pour laquelle deux cas sont à distinguer :

Premier cas. — La durée d'exploration du phénomène vis-à-vis de la constante de temps de l'autodyne (produit RC, de la cellule de grille, *fig.* 1)

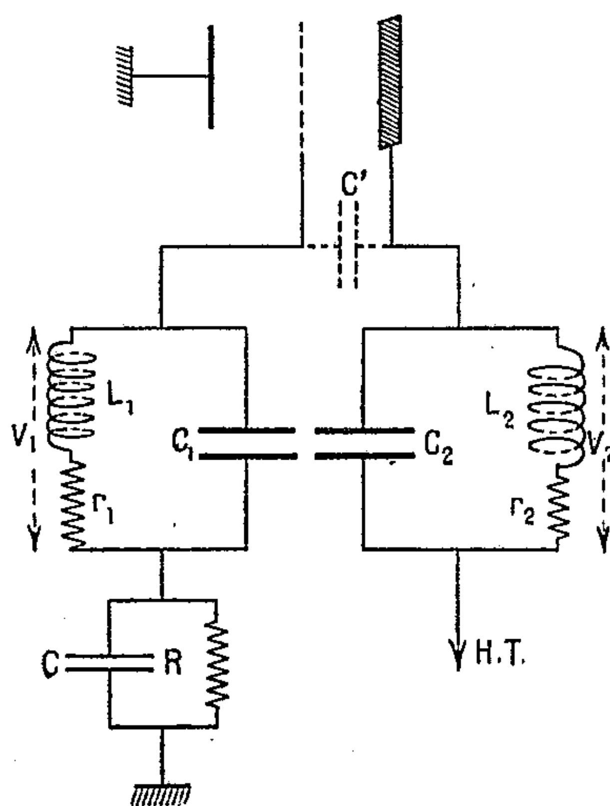


Fig. 1.

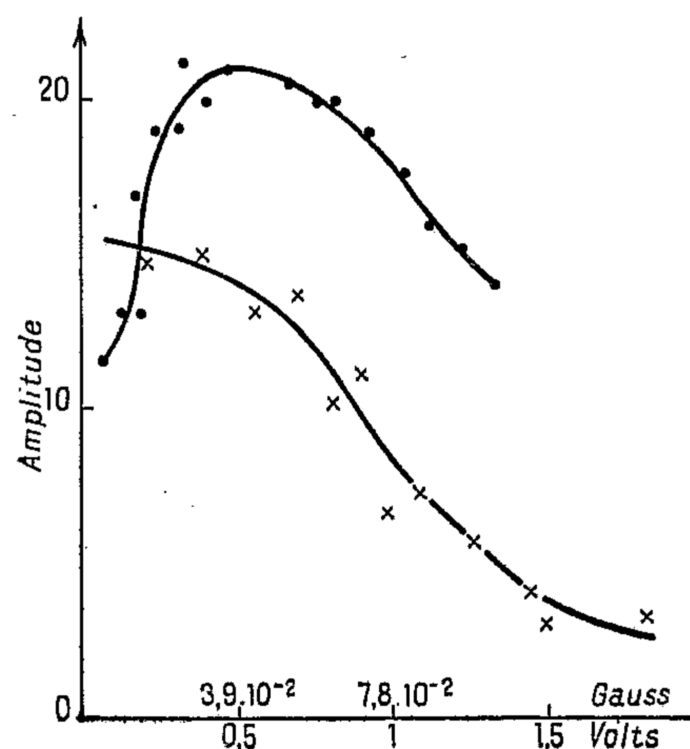


Fig. 2.

est grande. Dans ce cas, l'amplitude est à chaque instant l'amplitude limite donnée par la résolution de l'équation (1)

$$dA_1 = \frac{2C_1C_2}{KC'}\alpha_2\pi\varphi\left(\chi' + \sqrt{\frac{q_1}{q_2}}\chi''\right).$$

Deuxième cas. — La condition précédente n'est pas réalisée. Le potentiel moyen de grille de l'autodyne ne varie pas sensiblement durant le passage à la résonance et l'appareil se comporte comme un amplificateur linéaire. On a alors le droit d'admettre que tout se passe comme si, à l'oscillation se superposait le signal d'induction nucléaire et la variation d'amplitude est :

$$dA_1 = \sqrt{u^2 + v^2}.$$

Résultats expérimentaux. — La courbe de saturation d'une solution de nitrate ferrique 1/20 normale a été tracée pour deux valeurs de la constante de temps de l'autodyne (*fig.* 2).

([2]) P. Grivet, M. Soutif et R. Gabillard, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 27-29.

La courbe A correspond à une constante de temps $\tau = 10^{-7}$ sec petite vis-à-vis des temps de passage du balayage sur le phénomène (de l'ordre de $5 . 10^{-3}$ sec). Elle se sature progressivement comme la fonction $\chi' + K\chi''$.

La courbe B correspond à $\tau = 10^{-2}$. Il a été impossible d'obtenir une bonne oscillation avec des τ plus grands (apparition du régime de superréaction). Cependant on distingue un maximum pour un champ $H_1 = 4 . 10^{-2}$ gauss très peu différent de la valeur $H_1 = 1/\gamma\sqrt{T_1 T_2}$ pour laquelle la fonction $\sqrt{u^2 + v^2}$ est elle-même maximum.

Remarque. — La complexité du fonctionnement de l'autodyne résulte de son schéma particutier. Nous étudions un appareil plus simple, comportant un seul circuit oscillant, qui permettra de mesurer séparément et sans ambiguïté χ' et χ''. L'intérêt de l'autodyne à deux circuits couplés réside dans la possibilité d'observer en modulation de fréquence, soit χ' soit χ'' suivant la valeur du rapport q_1/q_2.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre infrarouge de l'hexabromocyclohexane.* Note de M. **Marcel Larnaudie**, présentée par M. Jean Cabannes.

La comparaison des isomères des hexachlorocyclohexanes (souvent désignés par HCH) à des composés pouvant présenter avec eux des similitudes de structure, m'a conduit à l'étude de l'hexabromocyclohexane α. Adoptant la méthode de préparation décrite par Meunier (¹) ainsi que par Orndorff et Howells (²), j'ai utilisé la saturation du benzène par le brome. Le brome tombait goutte à goutte dans du benzène fortement agité et éclairé. Plusieurs opérations ont été effectuées, les unes vers 75° C, les autres vers 5° C. Au cours des premières, il s'est formé des produits de substitution et de l'acide bromhydrique, alors que dans les dernières n'ont eu lieu pratiquement que des réactions d'addition. Après neutralisation du brome en excès et de l'acide bromhydrique par la soude, puis lavage et essorage, le benzène a été enlevé par distillation. Les cristaux jaunes obtenus ont été recristallisés dans l'alcool puis le chloroforme jusqu'à un point de fusion de 212°. Ils étaient en trop faible quantité pour que l'on puisse espérer isoler l'isomère β.

J'ai obtenu le spectre infrarouge encore inédit à ma connaissance, de $C_6H_6Br_6$ α à l'état de poudre cristalline soit sèche, soit en pâte à base de nujol, dans le domaine de 2 à 20^{μ} à l'aide de spectrographes enregistreurs à prismes de fluorine, sel gemme et sylvine. Ces spectres ont été comparés à ceux des HCH pour lesquels mes résultats concordent avec les spectres déjà connus. L'isomère le plus voisin semble être l'HCH α, ce qui est normal puisque c'est principalement lui qui prend naissance par addition du chlore au benzène dans

---

(¹) *Ann. de Chimie et Phys.*, **10**, 1887, p. 223.

(²) *Am. chem. J.*, **18**, 1896, p. 312.

les mêmes conditions. On peut donc en déduire que la constitution stéréochimique des deux corps est semblable. Les longueurs d'onde des bandes d'absorption et leurs intensités approximatives sont données dans le tableau ci-dessous, ainsi que celles des bandes présumées leur correspondre dans le spectre de l'HCH.

$C_6H_6Cl_6$ (³). (μ).	(%).	$C_6H_6Br_6$. (μ).	$C_6H_6Cl_6$ (³). (μ).	(%).	$C_6H_6Br_6$. (μ).
3,37	22	3,33 m	10,80	71	11,36 m
7,44	45	7,54 TF	11,66	54	12,74 m
7,62	40	7,74 F	12,58	87	13,52 f
7,94	42	8,18 f	12,72	85	14,08 TF
8,18	58	8,53 TF	13,09	66	15,0 F
8,31	19	8,68 F	14,1	25	15,4 f
		8,97 tf			
9,06	51	9,25 m	14,4	80	16,2 m
9,56	13	9,53 f	15,05	20	
		9,74 f	15,95	45	18,5 f
		10,28 tf	19,05	15	–
10,50	75	10,65 m	19,60	50	–
		10,92 tf			
		11,15 tf			

Nota. — tf très faible, f faible, m moyen, F fort, TF très fort.

En attendant une interprétation plus complète de ces spectres, on peut signaler que, de 7 à 9$^{\mu}$ se trouvent les déformations angulaires H—C—Br. Il vient ensuite les vibrations que l'on ne peut attribuer à des radicaux, mais pour lesquelles il faut considérer l'ensemble de la molécule. De plus, on peut sans doute placer la vibration de valence C—Br soit à 18$^{\mu}$,5, soit à 16$^{\mu}$,2.

SPECTROSCOPIE. — *Déplacements des bandes d'absorption ultraviolettes du phénanthrène dissous dans quelques gaz comprimés jusqu'à* 1200 kg/cm². Note (*) de M. **Stéphane Robin**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Au cours d'une étude de la solubilité du phénanthrène dans des gaz comprimés ([1]), nous avons mis en évidence le déplacement des bandes d'absorption ultraviolettes en fonction de la pression du gaz servant de solvant. Des mesures quantitatives de ce déplacement font l'objet de la présente Note.

(³) D'après Kauer, Duvall et Alquist, *Industr. Engng. Chem.*, 10, 1947, p. 1335 et *Daasch. anal. Chemistry*, 19, 1947, p. 776.

(*) Séance du 24 avril 1960.

(¹) B. Vodar et S. Robin, *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 996.

La perturbation des raies spectrales par des gaz étrangers a fait l'objet de nombreuses études ([2]), mais, à notre connaissance, jusqu'ici ces études ont été limitées à des pressions de quelques dizaines d'atmosphères, pour lesquelles le gaz perturbateur peut encore être considéré comme parfait.

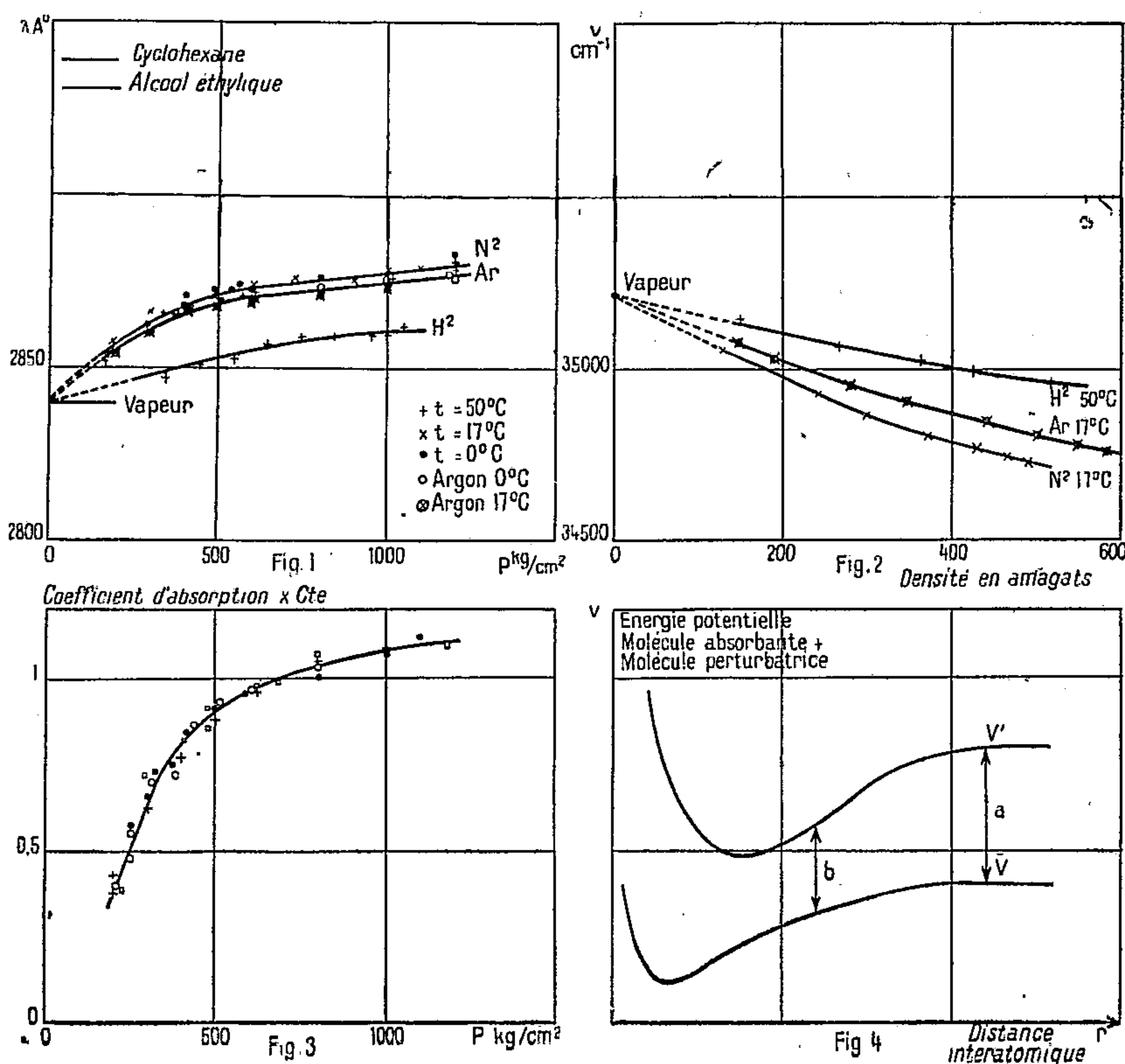


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

Nos résultats concernent des pressions beaucoup plus élevées. Nous avons cru utile de les faire connaître, bien qu'ils se rapportent à une molécule compliquée dont le choix a été dicté par le fait que l'étude principale que nous avions en vue était celle de la solubilité. L'appareillage utilisé, déjà décrit ([1]), permettait d'opérer dans des conditions de parfaite propreté, nécessaires du fait de la solubilité des graisses et autres impuretés dans les gaz comprimés. Pour l'azote et l'argon, la pression était produite par réchauffement du gaz préalablement liquéfié; pour l'hydrogène, par compression à l'aide d'une pompe à huile et d'un siphon à mercure séparant l'huile du gaz.

La figure 1 représente le déplacement du maximum d'une bande vers 2850 Å, ainsi que les positions de cette bande en phase vapeur à basse pression et en solution dans deux solvants usuels. Les mesures ont été faites à 0°, 17° et 50° C; elles ont donné des courbes superposables dans la limite des erreurs

([2]) W. Finkelnburg, *Kontinuierliche Spektren*, Berlin, 1938.

qui sont assez fortes (± 4 Å), du fait de la largeur de la bande; le déplacement est donc sensiblement indépendant de la température. D'autre part, la figure 2 donne les déplacements en cm^{-1} en fonction de la pression en Amagats, c'est-à-dire du nombre de molécules du gaz perturbateur pour un volume donné. Enfin, la figure 3 représente la variation du coefficient d'absorption (à un facteur près) du maximum de la bande en fonction de la pression.

Nos résultats s'étendent aux densités de l'ordre de celles des solvants liquides usuels. Ils confirment le fait évident déjà observé dans ces solvants que le déplacement, à densité égale, dépend du solvant, c'est-à-dire des forces intermoléculaires ([3]), mais en outre ils montrent la variation de ce déplacement en fonction de la densité.

On sait que d'après la théorie de chocs ([4]), valable surtout aux faibles densités, le déplacement doit être une fonction linéaire de la densité du gaz perturbateur; d'après les théories statistiques ([4]) valables aux densités plus élevées, la variation doit être quadratique. En fait, on connaît surtout des déplacements linéaires, avec dans des cas isolés, une tendance vers une variation plus rapide. Nous observons le contraire, bien que nos densités soient de beaucoup supérieures. Par contre, selon cette théorie, le déplacement ne dépend pas de la température, ce qui est conforme à nos résultats. Il est très difficile de conclure à cause de l'incertitude où l'on est sur les niveaux énergétiques et les forces de London dans le cas du phénanthrène. Une troisième théorie, celle de Fermi, serait, du moins formellement, susceptible de rendre mieux compte de nos résultats, car elle prévoit une loi en $d^{4/3}$ et un terme supplémentaire, qui peut être négatif. Il est possible qu'aucune des théories existantes ne s'applique aux densités élevées et qu'on en soit réduit à une interprétation qualitative à l'aide des courbes d'énergie potentielle telles que celles de la figure 4 où l'on voit que la compression déplace la transition optique de *b* en *c*, c'est-à-dire vers les grandes longueurs d'onde. Selon ce schéma, l'allure de la courbe de la figure 3 est peut-être due au fait que les forces répulsives commencent à agir aux fortes densités.

SPECTROSCOPIE PHOTOÉLECTRIQUE. — *Cellule photoélectrique à multiplicateur d'électrons pour l'ultraviolet lointain.* Note (*) de M. **Vladimir Schwetzoff** et Mme **Simone Robin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Du point de vue de l'étude des phénomènes d'émission photoélectrique, l'ultraviolet lointain (au-dessous de 2000 Å) est une région riche de promesses et cependant peu explorée.

([3]) W. F. Maddams et R. Schurmann, *Phys. Rev.*, 17, 1949, p. 108-109.

([4]) H. Foley, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 616.

(*) Séance du 3 mai 1950.

Étant donné que les flux lumineux y sont généralement faibles ainsi que le pouvoir réflecteur et le facteur de transmission, il est très utile d'amplifier les courants photoélectriques. Or on sait que l'amplification des courants faibles par émission électronique secondaire présente des avantages certains (stabilité, insensibilité aux effets parasites, bruit de fond), d'où l'intérêt des cellules photoélectriques à multiplicateurs d'électrons aptes à fonctionner dans cette région.

Par ailleurs, il est indispensable, dans l'étude de la photoconductivité, de l'absorption et de la réflexion, d'opérer avec des flux monochromatiques et d'adapter par conséquent ces récepteurs à un monochromateur convenable.

En outre, la commodité et la précision des mesures d'absorption sont sensiblement améliorées par l'utilisation d'un système à compensation de flux éliminant l'instabilité des sources, très gênante dans cette région (étincelles dans le vide), ce qui est assez aisé avec un récepteur photoélectrique.

A notre connaissance, il n'existait pas jusqu'ici de photomultiplicateurs allant au delà de 2000 Å (qui est la limite de la cellule IP 28 de la R. C. A.); notre récepteur serait donc le premier multiplicateur à émission secondaire sensible jusqu'à 1 700 Å.

On a évidemment la possibilité d'utiliser des substances fluorescentes en spectrophotométrie, mais les résultats sont peu encourageants dans cette région et, en outre, cette méthode est inapplicable à l'étude de la photoémission.

Comme les appareils adaptés à ces buts ne présentent pas d'intérêt industriel immédiat, l'un de nous a été conduit à les construire lui-même avec des cathodes et des cibles multiplicatrices de natures diverses.

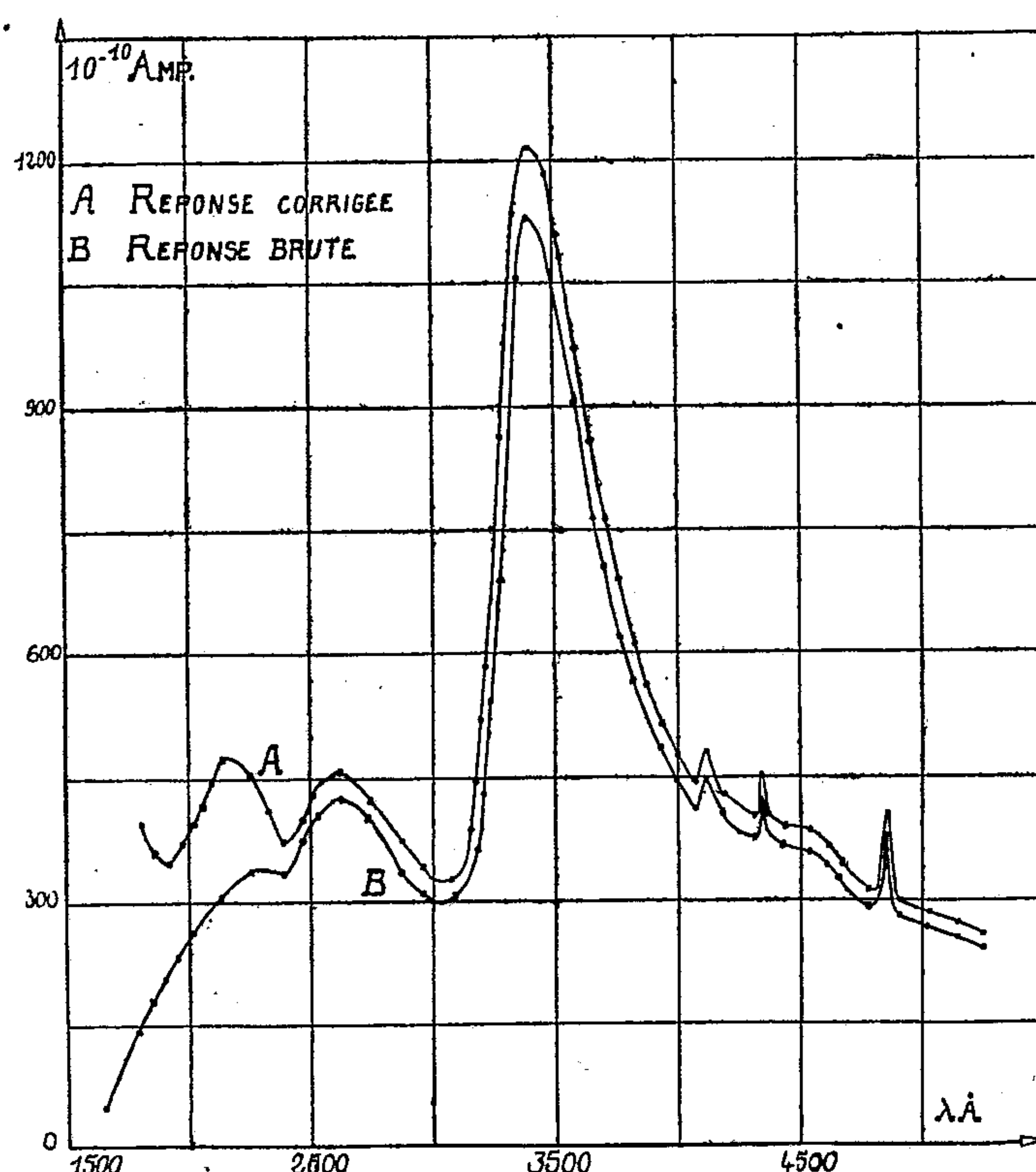
Nous exposons ici les résultats obtenus avec un des prototypes comportant neuf étages multiplicateurs à déviation magnétique montés dans une ampoule de verre munie d'une fenêtre de quartz de 1^{mm} d'épaisseur.

Les cibles multiplicatrices et la photocathode ont été oxydées et sensibilisées au césium suivant la technique bien connue, mais la photocathode est ensuite recouverte, en vue d'améliorer sa sensibilité dans l'ultraviolet, d'une couche de sodium, métal qui présente, comme on sait, un maximum de sensibilité situé beaucoup plus loin dans l'ultraviolet que celui du césium. Il se forme très probablement une couche binaire césium-sodium très complexe, mais l'expérience montre qu'elle présente des propriétés favorables au but recherché.

Elle possède en effet le maximum bien connu du sodium et conserve une grande sensibilité photoélectrique dans l'ultraviolet. Cette sensibilité est également bonne dans le rouge et l'infrarouge étant de 10 microampères par lumen pour une lampe à filament de tungstène à 2600°K et cependant le courant d'obscurité n'est que de 3.10^{-9} A après multiplication de 20 000, ce qui donne un facteur de mérite (flux lumineux correspondant au courant d'obscurité) de $1,5.10^{-8}$ lm, remarquable pour un appareil où les cibles d'émission

secondaire sont au césium et où la photocathode elle-même n'en est pas dépourvue.

Les courbes donnent la réponse spectrale de l'appareil adapté à un monochromateur à vide à réseau concave mis au point par l'un des auteurs (1), la source étant une lampe à hydrogène à fenêtre de fluorine et le courant de sortie étant mesuré au galvanomètre. La courbe inférieure étant la réponse brute, la



courbe supérieure est la réponse corrigée de l'absorption et de la réflexion de la fenêtre de quartz, mais sans tenir compte de la répartition énergétique de la lampe à hydrogène, ni de la transmission du monochromateur. On trouve deux nouveaux maxima à 2600 et 2150 Å et une montée au-dessous de 2150 Å.

Nous poursuivons nos mesures dans l'ultraviolet sur d'autres multiplicateurs munis de fenêtres bien plus transparentes et de cibles multiplicatrices en alliages à faible émission thermique.

(1) Mme S. Robin, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1949.

EFFET RAMAN. — *Sur l'intensité des raies Raman des phénylbutène, phénylbutyne et phénylbuténynes*. Note de MM. **Le-Van-Thoï** et **René Golse**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Dans une Note précédente (¹) nous avons décrit et interprété les spectres Raman des composés suivants : *phényl*-1 *butène*-3 *yne*-1 (I) et *phényl*-1 *butène*-1 *yne*-3 (II), qui présentent une triple liaison et une double liaison conjuguées dans la chaîne latérale, et nous avons signalé la forte intensité des raies fonctionnelles de ces liaisons multiples.

De telles exaltations d'intensité sont bien connues dans le cas des liaisons multiples conjuguées; Mˡˡᵉ M. Harrand (²) avait précisé que, dans les dérivés benzéniques ayant une chaîne latérale non saturée, cette exaltation s'observe aussi pour la fréquence 1600 cm^{-1} du noyau benzénique lorsque ce dernier est conjugué avec une liaison multiple extranucléaire.

Il nous a paru intéressant de mesurer *quantitativement* l'importance de cette exaltation, non seulement pour les deux dérivés précédents (I) et (II), mais encore pour le *phényl*-4 *butène*-1 (III) et le *phényl*-4 *butyne*-1 (IV), composés dont la chaîne latérale comporte également quatre atomes de carbone, mais avec une seule liaison multiple en bout de chaîne.

2. Les mesures des intensités relatives ont porté sur les raies fonctionnelles suivantes :

1° La composante D_i la plus intense (1585) du doublet 1585-1606 caractéristique des doubles liaisons du benzène, et les bandes correspondantes, en 1589 pour (I), 1593 pour (II), 1604 pour (III) et 1602 pour (IV);

2° la raie de double liaison D_e de la chaîne latérale : 1631 pour (I), 1611 pour (II) et 1643 pour (III); 3° les raies de triple liaison T : 2186-2223 pour (I), 2104 pour (II) et 2122 pour (IV).

	D_i.	D_e.	T.	
Benzène	1	–	–	C_6H_6
Phényl-1 butène-3 yne-1 (I)	100	$\frac{1}{3}$	8	$C_6H_5-C\equiv C-CH=CH_2$
Phényl-1 butène-1 yne-3 (II)	50	20	2	$C_6H_5-CH=CH-C\equiv CH$
Phényl-4 butène-1 (III)	5	1	–	$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH=CH_2$
Phényl-4 butyne-1 (IV)	5	–	1	$C_6H_5-CH_2-CH_2-C\equiv CH$

(¹) R. Golse et Le-Van-Thoï, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 210.

(²) Mˡˡᵉ M. Harrand, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 187.

C'est à la raie Raman symétrique du noyau benzénique (992 pour le benzène et 999 en moyenne pour les autres dérivés), prise comme étalon interne, que nous avons rapporté l'intensité des raies fonctionnelles ci-dessus. Posons tout d'abord que, pour les quatre composés étudiés, l'intensité de cette raie étalon ne dépend que du nombre de noyaux benzéniques par centimètre cube. Les résultats de nos mesures d'intensité relative pour une *même* raie fonctionnelle sont reportés (en unités arbitraires) dans le tableau ci-dessus.

3. On voit que :

1° La présence d'une liaison multiple, même en bout de chaîne, exalte la raie D_i de double liaison nucléaire.

2° La conjugaison avec le noyau d'un système de liaisons multiples conjuguées provoque une énorme exaltation de la raie D_i. Ce résultat est en bon accord avec ceux obtenus par M[lle] M. Harrand [3] sur des dérivés analogues, mais où la double liaison $C = C$ de la chaîne latérale est conjuguée avec une double liaison $C = O$.

3° La raie D_e, caractéristique de la double liaison extra-nucléaire (III), est fortement exaltée, si cette double liaison est conjuguée avec le noyau (II). Par contre, son intensité diminue, si elle est en bout de chaîne et séparée du noyau par la triple liaison (I).

4° La raie T, caractéristique de la triple liaison (IV), augmente toujours d'intensité si la chaîne latérale possède en même temps une double liaison; mais l'accroissement est beaucoup plus fort lorsqu'elle est conjuguée avec le noyau (I) que lorsqu'elle reste en bout de chaîne (II).

4. Enfin on mesure aussi une exaltation générale du spectre Raman, que nous avons chiffrée par une augmentation d'intensité de 50 % de la raie symétrique 999 du noyau benzénique, quand on passe du benzène aux composés (I) et (II); les mesures ont été faites sur des solutions dans le tétrachlorure de carbone, une raie Raman du solvant étant prise comme étalon interne.

5. *Spectres Raman du phényl-1 butène-3 yne-1* (I) *et du phényl-1 butène-1 yne-3* (II) : *voir* [1].

Spectre Raman du phényl-4 butène-1 (III) : 623 (f), 1003 (F), 1034 (m), 1095 (ff), 1159 (f), 1182 (ff), 1204 (m), 1300 (m), 1339 (f), 1420 (m), 1441 (ff), 1582 (f), 1604 (m), 1643 (F).

Spectre Raman du phényl-4 butyne-1 (IV) : 622 (f), 760 (ff), 1002 (F), 1031 (m), 1158 (f), 1179 (ff), 1203 (m), 1324 (f), 1342 (f), 1427 (f), 1580 (f), 1602 (F), 2122 (TF).

---

(3) M[lle] M. HARRAND, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1217.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la détermination des trajectoires α de faible énergie dans les émulsions nucléaires.* Note (*) de MM. **Pierre Cüer, Jean-Pierre Lonchamp, Jean Combes** et **Serge Gorodetzky**, transmise par M. Jean Becquerel.

On considère généralement que la méthode photographique est moins favorable que d'autres techniques dans la mesure des particules α de faible parcours.

On sait que la variance de la dispersion longitudinale qui limite la précision y est effectivement composée de trois facteurs (¹) :

1° La fluctuation du nombre d'atomes d'émulsion absorbant une même énergie.

2° La fluctuation due à la variation statistique de l'hétérogénéité de l'émulsion.

3° L'erreur relative à un groupement utilisant des intervalles trop grands par rapport à la déviation standard σ.

Nous nous proposons de montrer dans cette Note qu'en prenant des précautions convenables, il est actuellement possible d'atteindre, parfois de dépasser, la meilleure précision des autres techniques dans la méthode photographique.

On ne peut agir sur le premier facteur inhérent au processus d'arrêt lui-même, mais comme le nombre d'atomes traversés est grand, la variation relative est du même ordre de grandeur que dans l'air ($\sim 1,6\,\%$ pour ces α).

Le deuxième facteur, composé lui-même dans le cas de traces continues des variations : du nombre de grains, de la moyenne de leur diamètre et des parcours traversés dans BrAg, peut être diminué substantiellement par l'emploi d'émulsions à grains fins bien homogènes.

On peut enfin supprimer le troisième facteur en choisissant des intervalles de mesures égaux à $\sigma/4$, où l'effet d'aire est pratiquement négligeable.

Nous avons essayé de réaliser ces conditions favorables en mesurant le parcours $\alpha = 10^{mm},4$ d'air de la réaction $Li^6 + n^1 \rightarrow H^3 + He^4$ déjà étudiée par nous pour obtenir les tritons (²). L'émulsion D_1, utilisée, à grains fins, est cependant assez révélée pour présenter des traces α continues par rapport aux tritons. Selon la formule théorique de la dispersion établie par l'un de nous (¹), l'ordre de grandeur de la variance longitudinale est le même pour les deux premiers facteurs à des parcours $\sim 10^{\mu}$ dans cette émulsion.

Afin d'évaluer l'importance de l'effet d'aire dans les expériences courantes,

---

(*) Séance du 3 mai 1950.

(¹) P. Cüer, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 141.

(²) P. Cüer, J.-P. Lonchamp, J. Combes et S. Gorodetsky, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 832.

les mesures ont été effectuées tout d'abord à l'aide d'une bonne optique (grossissement intrinsèque $\sim 2\,250$) avec une échelle ordinaire $1^{div} = 0{,}795 \pm 0^{\mu}{,}003$. 300 traces indiquent alors un parcours $\sim 5^{\mu}{,}5$ avec $\sigma \sim 0^{\mu}{,}7$. Le pied de l'histogramme comprend seulement 8^{div}; la précision statistique est donc illusoire même si le nombre des mesures est considérablement augmenté. L'incertitude réelle est égale à 1^{div}. Les mesures ont été ensuite très minutieusement reprises à l'aide de la même optique; l'oculaire étant muni d'un micromètre à cheveu Bouty. L'étalonnage absolu effectué avec l'étalon gravé Zeiss indique 1^{div} du tambour : $0^{\mu}{,}0461$ à 3 $^{0}/_{00}$ près. Les traces parfaitement délimitées, rigoureusement horizontales ont été sélectionnées. Chaque trace était mesurée une dizaine de fois en faisant varier le sens et la position au centre du champ. Le groupement a été effectué par 2^{div}, d'une part pour supprimer les variations des petits nombres (groupements par un), d'autre part pour éliminer l'effet d'aire (groupements supérieurs à 3). Les deux arrangements ainsi possibles fournissent des valeurs équivalentes : $R = 6{,}19 \pm 0^{\mu}{,}04$ avec $\sigma \sim 0^{\mu}{,}37$.

Ce résultat présente une nette amélioration sur ceux connus jusqu'ici dans ce domaine ([3]); nos mesures du Samarium ([4]) par exemple avec des C_2 à grains plus gros et échelle de $0^{\mu}{,}4$ indiquaient $\alpha = \sigma\sqrt{2} \sim 1^{\mu}$. La dispersion au pied de l'histogramme s'étend sur 19 groupements, soit $\sim 1^{\mu}{,}75$ équivalant à $2^{mm}{,}8$ d'air. Une étude analogue, effectuée très soigneusement par des spécialistes de la chambre de Wilson ([5]), indique un étalement de 2^{mm} et une erreur relative supérieure pour le parcours $\sim 2\,\%$ en raison de la correction d'absorbants.

A ces faibles énergies, les problèmes d'étalonnage et d'exposition deviennent très délicats à la chambre de Wilson ou à la chambre d'ionisation.

Le pouvoir d'arrêt des émulsions concentrées à humidité relative $\sim 50\,\%$ pour des α de 2 MeV est donc égal à 1680 ± 40, valeur analogue à l'incertitude près, compte tenu des vitesses différentes, à celle des α du Sm et des protons de l'azote. La précision supérieure de notre dernière mesure nous confirme dans la conclusion que la valeur réelle du pouvoir d'arrêt vers $v = 10^{9}$ cm/sec^{-1} est > 1600, c'est-à-dire nettement supérieure à la valeur théorique calculée d'après les données de Bethe ([6]) non corrigées. Dans ce domaine intermédiaire, où les vitesses des électrons retardateurs sont du même ordre de grandeur que celles des particules, la correction à apporter au pouvoir d'arrêt atomique relatif de l'argent est donc $\sim 20\,\%$, soit une valeur de $s = 2{,}7$.

Quand nous aurons établi avec une précision suffisante la loi de variation du

---

(3) G. Ambrosino et H. Piatier ont obtenu dans un autre domaine (15 à 20^{μ}) une bonne résolution des groupes de l'uranium par une méthode analogue (*Helv. Phys. Act.*, **23**, suppl. 3, 1950, p. 192).

(4) P. Cüer et C. G. M. Lattès, *Nature*, **158**, 1946, p. 197.

(5) J. K. Boggild et L. Minnhagen, *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 782.

(6) S. Livingston et H. A. Bethe, *Rev. Mod. Phys.*, **9**, 1937, p. 272.

pouvoir d'arrêt vers ces faibles énergies, il est probable que la méthode photographique contribuera définitivement à déterminer la relation parcours-énergies des α dans l'air.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le renforcement radioactif des raies spectrales.* Note de M. **Salomon Rosenblum**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que les sels d'uranium sont utilisés comme renforçateurs en photographie pour mieux faire ressortir les faibles différences de noircissement; comme, d'autre part, l'uranium est radioactif, on doit pouvoir obtenir des répliques des clichés renforcés à l'uranium en appliquant étroitement, pendant un certain temps, des clichés contre des plaques sensibles aux rayons alpha.

Pour obtenir un noircissement visible à l'œil nu, le nombre de rayons alpha par millimètre carré doit excéder quelques milliers et une évaluation facile montre qu'il faudrait appliquer des plaques pendant des temps de l'ordre de plusieurs jours pour obtenir des répliques visibles. Des répliques plus fortes que l'original ne seront obtenues qu'au bout de plusieurs mois.

On sait qu'il existe actuellement des isotopes de l'uranium, dont l'activité dépasse de plusieurs millions de fois celle de l'uranium naturel. Il suffirait donc d'avoir un isotope plus actif à l'état de traces de 1/1 000 à 1/10 000 dans l'uranium ordinaire pour obtenir des répliques renforcées dans des temps raisonnables de l'ordre de l'heure.

N'ayant pas à notre disposition de ces isotopes d'uranium, nous nous sommes demandé si un mélange d'uranium et de plutonium 239 ne pourrait pas convenir. On sait que les propriétés chimiques du plutonium sont très analogues à celles de l'uranium et, d'autre part, l'activité du plutonium 239 est environ 100 000 fois plus grande que celle de l'uranium.

Nous avons effectué les expériences suivantes :

1° Nous avons renforcé à l'uranium ordinaire un cliché fortement exposé d'actinium C, où trois raies, dont les intensités étaient 1, 0,2 et 0,003, existaient.

Nous avons obtenu une réplique de ce cliché où au bout de trois jours les trois raies étaient visibles, mais leur intensité était, comme à prévoir, de beaucoup inférieure à celle de l'original.

2° Ayant à notre disposition une quantité de 10 à 15$^{\mu g}$ de plutonium provenant d'une source à rayons alpha, fourni par le Commissariat à l'Énergie Atomique [1], nous avons ajouté ce plutonium à l'état de nitrate à 10^{mg} de nitrate d'uranyle et nous avons préparé un bain renforçateur à l'uranium d'un centimètre cube environ.

---

(1) MM. S. Rosenblum, M. Valadarès et B. Goldschmidt, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 638.

Nous avons renforcé avec cette solution d'abord une fraction d'un film où la raie forte du thorium B (H_ρ 1380) était présente; nous avons constaté que l'activité était bien localisée sur la raie même en passant le film devant un compteur alpha; l'activité d'une fraction du même film renforcé à l'uranium ordinaire n'était pas mesurable dans les mêmes conditions avec notre compteur.

D'autre part, nous avons obtenu une réplique intense du film activé au plutonium au bout d'une exposition d'une demi-heure environ. Nous avons alors ajouté quelques centimètres cubes du renforçateur ordinaire à l'uranium à notre solution active pour pouvoir renforcer d'autres plaques.

Nous avons de nouveau renforcé un cliché d'actinium C et nous avons obtenu cette fois-ci des répliques très nettes au bout d'une heure et demie.

En appliquant ces clichés renforcés de l'actinium C pendant une journée et demie à une plaque sensible aux rayons α, on obtenait une réplique qui dépasse l'intensité originale.

Il nous a semblé intéressant de signaler qu'il est possible d'utiliser les propriétés radioactives pour renforcer les raies spectrales. On peut se demander si d'autres éléments radioactifs naturels plus faciles à se procurer, comme par exemple : le polonium et le radiothorium, n'accompagneraient pas l'uranium ou d'autres métaux utilisés comme renforçateurs.

On peut également envisager des renforçateurs émetteurs β (argent, cobalt, etc.), mais dans ce cas il sera probablement utile d'appliquer des champs magnétiques intenses parallèles à la direction des raies spectrales pour diminuer la dispersion des rayons β dans la gélatine.

Dans le cas d'un renforçateur émetteur α, l'élargissement des images peut être considéré comme négligeable et l'on pourrait de nouveau renforcer les répliques.

Remarquons que l'on peut envisager une photométrie des clichés renforcés en utilisant des compteurs pour enregistrer les rayons α ou β ou bien en comptant les traces individuelles sous microscope.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Évolution de la structure des oxydes de manganèse obtenus par décomposition du nitrate de manganèse*. Note de MM. **Jean Brenet** et **Norbert Busquère**, présentée par M. Louis de Broglie.

On a décomposé le nitrate de manganèse à des températures allant de 55 à 150°. On note l'apparition de la pyrolusite dès 150°. L'évolution de la structure cristalline des composés obtenus, suivant la température de décomposition du nitrate, permet de penser à l'existence d'oxydes inférieurs de Mn. autres que MnO_2, correspondant à deux états de valence de Mn, ainsi qu'à l'existence de lacunes et insertions d'ions dans le réseau de ces composés.

La décomposition du nitrate de manganèse conduit vers 300° à un oxyde de manganèse qui donne aux rayons X un diagramme de pyrolusite quadra-

tique du type C_4. Or, dès la température ordinaire, on observe à la longue, à l'air, la formation d'une pellicule brunâtre à la surface des cristaux de nitrate.

Nous avons suivi, aux rayons X, l'évolution de la structure des produits de décomposition du nitrate aux températures de 55, 80, 105, 130 et 150°. Dans chaque cas, il a été procédé à leur lavage, soit à l'eau, soit à l'acide sulfurique dilué puis à l'eau.

Nous avons alors obtenu les résultats suivants :

1° Pour les produits lavés à l'eau et séchés :

a. Lorsque la décomposition du nitrate a été faite à 55, 80 et 105°, le diagramme X de chacun des produits est complexe. Il comporte d'une part les anneaux les plus caractéristiques de la pyrolusite quadratique, et d'autre part des anneaux attribués à Mn_2O_3 cubique.

Tous lès anneaux présentent une certaine largeur qui traduit un état cristallin perturbé. Parmi ceux de la pyrolusite, il manque toutefois ceux qui correspondent aux indices caractéristiques (200) et (120) comme d'ailleurs dans les bioxydes activés (¹).

Pour le produit obtenu à 80°, en plus des anneaux (200) et (120), l'anneau (110) est pratiquement inexistant. Les anneaux attribués à Mn_2O_3 cubique sont les anneaux (211), (222) et (510). Le paramètre admis, $a = 9{,}41$ Å de Mn_2O_3, est en excellent accord avec les mesures possibles sur nos diagrammes.

b. Pour le produit obtenu à 130°, nous avons le diagramme de la pyrolusite, mais avec des anneaux (120) et (200) très faibles, et persistance du seul anneau (222) de Mn_2O_3.

c. L'oxyde obtenu à 150° donne déjà uniquement le diagramme de la pyrolusite, fait qui n'avait jamais été signalé à notre connaissance.

Dans ces deux derniers cas *b* et *c*, les anneaux sont fins, ce qui indique un ètat bien cristallisé.

2° Pour les mêmes produits que précédemment, mais lavés à SO_4H_2 dilué :

a. Le lavage acide est sans effet sur ceux obtenus à 55 et 80°. Les diagrammes ne subissent aucune modification sensible par rapport à ceux des essais rappelés en 1°*a*.

b. Pour le produit obtenu à 105°, les anneaux attribués à Mn_2O_3 ont totalement disparu; les anneaux de la pyrolusite deviennent nets, donc l'état cristallin de l'échantillon s'est amélioré. Toutefois, les anneaux de la pyrolusite d'indices (200) et (120) n'apparaissent pas.

c. Pour le corps obtenu à 130°, l'anneau (222) de Mn_2O_3 a totalement disparu.

(¹) J. Brenet et A. Héraud, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 413.

d. Le produit obtenu à 150° donne toujours le diagramme complet de la pyrolusite.

Nous pensons pouvoir tirer des résultats précédents les conclusions suivantes :

Le lavage acide étant sans effet sur les produits obtenus à 55 et 80°, ceci montre que la phase cristalline présumée être Mn_2O_3 ne répond pas en fait à cette formule. Ce résultat est conforme aux observations de Le Blanc et Wehner (²) qui ont établi que le système cristallin des oxydes de manganèse pouvait subsister même si le degré oxydimétrique de ces oxydes variait dans des limites assez larges. La phase répondant exactement à la formule Mn_2O_3 ne semble se former que si le nitrate est décomposé à plus de 100° et moins de 150°. Ceci nous semble confirmé par l'action de SO_4H_2 dilué qui attaque uniquement le groupement MnO de Mn_2O_3 considéré comme métamanganite de Mn, l'atome Mn étant alors engagé dans MnO avec la valence 2. Au contraire, pour les corps obtenus au-dessous de 100°, les anneaux attribués à Mn_2O_3 correspondraient à un composé dans lequel Mn se trouve engagé par une valence supérieure à 2, et ceci explique sa stabilité vis-à-vis de SO_4H_2 dilué.

Nous pouvons donc différencier nettement, à côté de MnO_2 pyrolusite, deux composés oxygénés de Mn, de degré oxydimétrique comparable et donnant les mêmes anneaux, mais avec un atome de Mn dans des états de valence différents.

Enfin, l'amélioration de l'état cristallin du composé obtenu à 105° par lavage à SO_4H_4 dilué peut correspondre pour ce réseau cristallin à une disparition d'états lacunaires et d'insertions d'ions qui provoquaient les distorsions des plans réticulaires signalées par l'un de nous (³) dans les bioxydes actifs et pouvaient alors conférer à ces derniers, au moins en partie, ce caractère actif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Distributions rythmiques anormales et succions chimiques responsables.* Note (*) de Mlle SUZANNE VEIL, présentée par M. Charles Mauguin.

Une précédente recherche (¹) a mis en évidence une anomalie éventuelle de la distribution des anneaux de chromate d'argent, obtenus par dépôt de trioxyde de chrome sur gélatine imprégnée de nitrate d'argent. La présente étude a montré qu'il ne s'agit pas là d'une constatation isolée. D'autres

(²) *Z. Phys. Chem.*, 168, 1934, p. 59.

(³) J. BRENET et A. HÉRAUD, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1598.

(*) Séance du 8 mai 1950.

(¹) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 804.

anomalies du même ordre, dénuées cette fois de caractère exceptionnel, seront décrites ici.

1° *Anomalie des anneaux de précipitation du pyrophosphate cuivrique.* — La précipitation rythmique du pyrophosphate cuivrique est caractérisée par une anomalie des plus nettes. Par dépôt d'une goutte de sel cuivrique, chlorure, sulfate ou nitrate, sur gélatine imprégnée de pyrophosphate de sodium, on obtient des anneaux résolubles en entités cristallines, et dont le resserrement progressif est directement visible à partir d'une courte distance de la goutte (*figure*).



Distribution anormale des anneaux de pyrophosphate cuivrique.

L'anomalie de distribution est interprétable sur la base de ce que l'on sait des rythmicités obtenues sous gradient de concentration de l'électrolyte incorporé dans le milieu de réaction ([2]). Tout se passe comme si, par le jeu des succions chimiques, la portion de gel contiguë à l'auréole du pyrophosphate cuivrique précipité, était le siège de gradients de concentration de pyrophosphate de sodium, avant d'entrer elle-même en précipitation proprement dite.

2° *Anomalies des anneaux de Liesegang lointains.* — La loi générale de distribution des rythmicités est également susceptible d'être mise en défaut, encore que dans une mesure moindre, par les anneaux classiques de Liesegang suffisamment lointains.

Dans les auréoles rythmiques de chromate d'argent, produites par dépôt de nitrate d'argent sur gélatine bichromatée, il est bien connu des expérimentateurs que l'écartement, entre anneaux consécutifs, est plus petit pour les anneaux d'ordre élevé que ne le voudrait la loi généralement admise.

Avec la précédente manière de voir, ce comportement serait lié à l'établis-

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1771.

sement de gradients de concentration, dans la région du gel bichromaté succédant immédiatement au domaine des anneaux.

L'étude métrique des rythmicités laisse donc soupçonner que dans les précipitations par double décomposition, le jeu des succions serait apte à déclencher des actions antérieures aux actions purement chimiques. Dans les observations suivant deux dimensions, rapportées ci-dessus, le sens des discordances à la loi de distribution fournit le signe des gradients de concentration correspondants. En chaque cas, d'autre part, le seuil de distribution anormale est localisable à partir des mesures d'intervalles, par la méthode graphique déjà utilisée à propos de l'effet de bord ([3]).

PHOTOCHIMIE. — *Sur la phosphorescence du quartz.* Note (*) de MM. **René Audubert, Maurice Bonnemay** et Mlle **Marguérite Lautout**, transmise par M. Pierre Jolibois.

On sait que les rayons X sont susceptibles, par leur action sur le quartz cristallin ou fondu, de donner naissance à une phosphorescence qui a déjà été mise photographiquement en évidence ([1]) et qui s'étendrait dans un domaine spectral compris entre 6100 et 3850 Å.

L'étude de ce phénomène au moyen de compte-photons divers (CuI ou ferronickel) montre que cette phosphorescence s'étend dans un domaine ultraviolet (U.V.) allant jusqu'à 2000 Å environ.

L'emploi de photocompteurs offre cet avantage de permettre facilement une étude quantitative du déclin de la luminescence en fonction du temps. L'expérience montre que ces courbes ne présentent pas la forme habituelle des courbes de phosphorescence : elles témoignent par l'existence d'un palier, de la superposition probable de deux processus de cinétique différente.

Cette phosphorescence est caractérisée par de très longues durées qui peuvent atteindre jusqu'à 70 heures, dans les conditions expérimentales où nous étions placés.

Le spectre de l'émission a été déterminé au moyen d'un monochromateur à optique de quartz, devant la fente de sortie duquel était disposé un compte-photons, dont la courbe de brillance spectrale était connue. Le spectre est formé par une large bande dont le maximum se situe vers 2900 Å.

En outre, l'examen de ces phénomènes a révélé l'existence d'une propriété particulière, et semble-t-il jusqu'à présent, inconnue du quartz ainsi irradié.

Lorsque la phosphorescence s'est éteinte, des *rayonnements d'énergies*

([3]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1359.

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) Tetsugorô Futagami, *Proc. Phys. Math. Soc. Japan*, 66, n° 20, 1938, p. 458.

beaucoup plus faibles que celles qui caractérisent les rayons X, peuvent la faire réapparaître. Il suffit, en effet, pour obtenir cette réapparition, d'éclairer à l'aide d'un rayonnement de longueur d'onde comprise entre 2200 et 5500 Å environ

La courbe de déclin de cette nouvelle phosphorescence, en fonction du temps, présente la même allure que la courbe relative au phénomène primaire, mais la durée de cette émission est, suivant les cas, dix à trente fois plus petite que celle obtenue par l'action des rayons X; toutefois, pour ces deux phénomènes différents, la vitesse de décroissance est sensiblement la même.

L'intensité de la phosphorescence secondaire dépend dans une certaine mesure, de la durée pendant laquelle l'excitation secondaire a eu lieu. La courbe de l'intensité émise en fin d'excitation (en fonction de la durée d'excitation) présente un palier qui est d'autant plus élevé que la lumière excitatrice est elle-même plus intense.

La réapparition de la phosphorescence, sous l'influence de lumière U. V., ou visible, peut se reproduire un nombre de fois pratiquement illimité.

D'ailleurs, on constate que plusieurs mois après l'excitation initiale, la faculté de « réanimation » est intacte.

Tous ces faits semblent montrer qu'après la première excitation, le quartz ne revient pas à son niveau fondamental, mais à un niveau intermédiaire métastable, de vie moyenne très longue, très probablement un niveau d'impureté? On constate, en effet, que l'action des rayons X fait apparaître une tache noire qui persiste après l'extinction de la première phosphorescence. Cette tache disparaît si l'on chauffe le quartz à une température supérieure à 380°, et l'on constate corrélativement que la réapparition de la phosphorescence secondaire ne se produit plus.

CHIMIE MINÉRALE. — *Taille de particules d'oxyde de cuivre colloïdal.* Note (*) de M. **Tivadar Kikindaï**, présentée par M. Paul Pascal.

La méthode d'analyse de la tache de diffusion des rayons X aux petits angles a été utilisée pour l'examen des particules d'oxyde de cuivre colloïdal. La *courbe caractéristique* qui a été établie a été très souvent une droite, ce qui rend son interprétation plus simple. On a pu, par cette méthode, montrer que les colloïdes provenant de solutions diluées ont des tailles proportionnelles à la concentration initiale de la solution de sel de cuivre, et que les colloïdes provenant de solutions plus concentrées ont des particules de taille diverse, la taille des plus petites particules variant avec la vitesse de chauffage.

Nous avons étudié avec la diffusion des rayons X aux petits angles la taille des particules d'oxyde de cuivre colloïdal. Cet oxyde est préparé par une méthode où deux réactions ont lieu : 1° une hydrolyse, et 2° une réaction

---

(*) Séance du 3 mai 1950.

topochimique, qui est la décomposition de l'hydroxyde de cuivre par la chaleur.

Préparation des échantillons. — Notre oxyde de cuivre a été préparé par la décomposition (hydrolyse) d'une solution de sulfate ammoniacal de cuivre. La solution initiale était une solution de sulfate ammoniacal de cuivre (15 % Cu) contenant juste la quantité obligatoire d'ammoniaque pour qu'il n'ait pas floculation.

Nous avons préparé deux séries d'échantillons.

Préparation de la série A. — A la température ordinaire on ajoute à la quantité désirée de la solution initiale, de l'eau distillée jusqu'à 1000^{cm^3}. L'hydrolyse est immédiate dans les solutions bien diluées et l'on aperçoit l'hydroxyde de cuivre colloïdal dans le liquide. Dans les solutions plus concentrées, l'hydrolyse est partielle, et une partie du sulfate ammoniacal de cuivre reste en solution. On agite, on chauffe les liquides jusqu'au point d'ébullition, et cela pendant 10 minutes. Pendant ce temps l'hydroxyde de cuivre se décompose quantitativement, et l'on obtient l'oxyde de cuivre. Dans les solutions plus concentrées, à 60 jusqu'à 100°C l'hydrolyse devient quantitative, parce que d'une part une portion de l'oxyde de cuivre déjà précipité, et d'autre part l'évaporation de l'ammoniaque détruisent l'équilibre du système. On obtient finalement l'oxyde de cuivre.

Préparation de la série B. — Elle diffère de la précédente, en ce qu'on ajoute la solution initiale à l'eau bouillante. Dans cette préparation la formation de l'oxyde de cuivre est immédiate, sans que l'on puisse voir le passage par l'hydroxyde de cuivre.

Nous opérons dans des solutions très diluées, où l'hydrolyse est complète. Nous allons montrer qu'avec cette méthode de préparation, la taille des colloïdes dépend de la concentration des solutions si, pendant la préparation, on mélange très vite la solution initiale avec l'eau distillée.

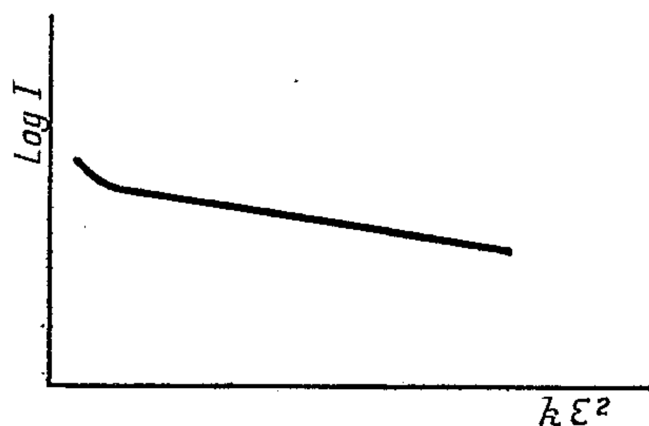


Fig. 1. — Courbe caractéristique des particules de la série A. Concentration de la solution de départ 0,00059 N.

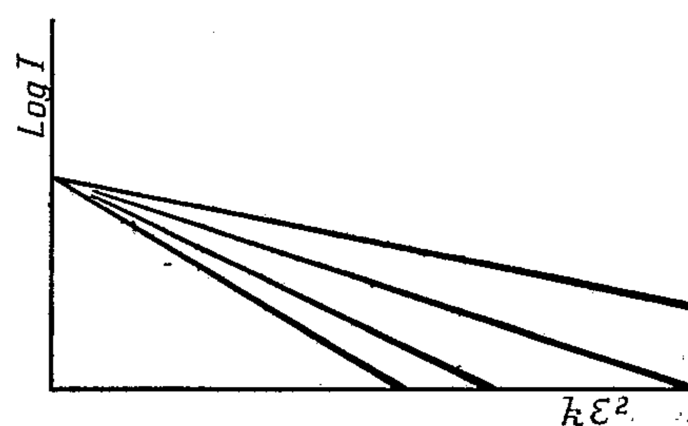


Fig. 2. — Droites caractéristiques des quatre échantillons de la série A.

Nous avons examiné quatre solutions de la série A et nous avons étudié la diffusion centrale des rayons X par les colloïdes floculés et séchés. Les courbes $\log I \varepsilon^2$ (nous appelons I l'intensité des rayons X diffusée sous l'angle ε) (1) sont à peu près des droites (*fig.* 1), et les tailles des particules comptées au

(1) H. Brusset, *Thèse*, Paris, 1947.

moyen de la pente de la droite correspondante donnent les résultats suivants :

Concentration (N)...........	0,00478	0,00236	0,00118	0,00059
Rayons de giration (Å).......	24,2	20,2	16,8	14,4

On peut observer le même phénomène en travaillant avec la série B, mais alors les tailles des particules sont plus faibles que dans la série A pour les mêmes concentrations, et les colloïdes sont un peu hétérodispersés (par exemple; concentration 0,00478 N; série A, 24,2 Å; série B, 16,4 Å).

Dans le cas des solutions plus concentrées, quand l'hydrolyse n'est pas tout de suite complète, l'interprétation des résultats devient plus difficile, parce que les colloïdes obtenus sont hétérodispersés.

En expérimentant avec les solutions plus concentrées, nous avons observé que la taille des petites particules (la partie rectiligne des courbes) est proportionnelle à la vitesse du chauffage.

Ce phénomène peut être expliqué par le fait que la précipitation accélérée (qui est fonction de la vitesse du chauffage) favorise une hydrolyse plus complète, et à cause de cela la formation de particules plus grandes. Inversement, si la précipitation est très lente, l'hydrolyse s'achèvera plus lentement, et cela provoque la formation de plus petites particules.

Nous avons observé aussi une certaine corrélation entre la vitesse d'accroissement de la concentration (quand on mélange la solution initiale avec l'eau distillée) et la taille des particules. En augmentant la concentration plus rapidement, on obtient des particules plus grandes, et inversement (par exemple : dans la série A concentration 0,00236 N; rapidement 20,2 Å; lentement 18,2 Å).

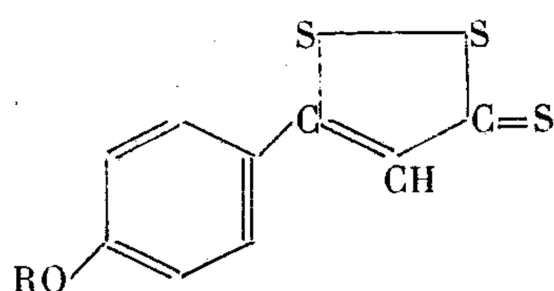
CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur les trithiones.* Note (*) de MM. **Joseph Schmitt** et **Albert Lespagnol**, présentée par M. Marcel Delépine.

La dégradation alcaline du dérivé d'oxydation ménagée du *trithioanéthole* avec production de paraméthoxyacétophénone confirme le passage par l'acide paraméthoxybenzoylacétique. La déméthylation des dérivés méthoxylés appartenant à cette série est également étudiée. On décrit les dérivés phénoliques obtenus et leurs esters acétiques.

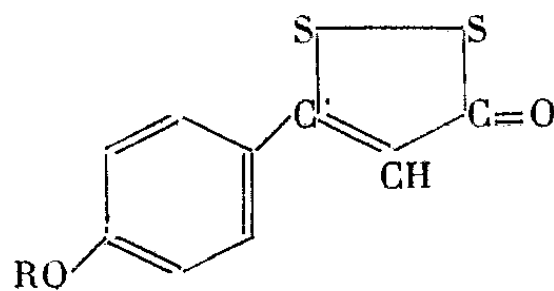
Au cours de recherches relatives à l'introduction du soufre dans des dérivés organiques apparentés à l'anéthole avec formation de *trithione*, nous avons été amenés à étudier plus complètement le comportement de ces composés polysoufrés. La formule du trithioanéthole peut être considérée comme parfaitement établie (I) en raison de l'obtention par oxydation ménagée d'un produit

(*) Séance du 3 mai 1950.

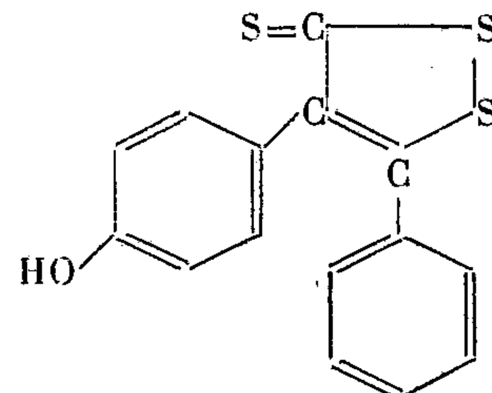
dans lequel l'atome de soufre de la fonction thione est remplacé par un oxygène (IV). L'identité de ce dérivé avec celui que l'on obtient à partir du paraméthoxycinnamate d'éthyle et du soufre a été établie par Lüttringhaus, H. B. König et B. Böttcher ([1]). Dans le cadre de la dégradation alcaline de ce composé qui a conduit Böttcher et Lüttrighaus ([2]) à l'acide anisique, nous avons pu obtenir à partir du dérivé oxygéné (IV) dont il est question plus haut et dans des conditions moins brutales (soude alcoolique à 10 %) la paraméthoxyacétophénone. Ce résultat vient s'insérer parfaitement dans l'hypothèse proposée par ces derniers auteurs, du passage, lors de cette dégradation, par l'acide paraméthoxybenzoylacétique qui conduirait à la paraméthoxyacétophénone ou à l'acide anisique respectivement par dédoublement cétonique ou acide. Nous avons d'autre part remarqué lors de cette opération une coloration violette passagère, qui imprègne d'ailleurs les cristaux de paraméthoxyacétophénone et qui rend vraisemblable le stade intermédiaire d'une thiocétone ([3]).



(I) R = CH_3
(II) R = H
cristaux de l'alcool
marron clair F 189°
(III) R = CH_3CO
cristaux de l'acétate d'éthyle
rouge corail F 145°.



(IV) R = CH_3
(V) R = H
feuillets jaunâtres
fondant à 167° (méthanol)
(VI) R = CH_3CO
aiguilles jaune brillant
fondant à 147° (acétate d'éthyle)



(VII) cristaux jaune orange
fondant à 233 (du benzène)

Concurremment avec ces observations et compte tenu de la stabilité du trithionanéthole vis-à-vis des acides, nous avons effectué dans cette série la déméthylation par le chlorhydrate de pyridine (à 200° pendant une demi-heure) avec un rendement presque quantitatif. Nous avons ainsi préparé les produits hydroxylés (II), (V) et (VII) ([4]) séparés par distillation et solubles dans les alcalis dilués. Leur formule a été confirmée par l'intermédiaire de leurs esters acétiques parfaitement cristallisés et obtenus d'une façon pratiquement quantitative par ébullition pendant 10 minutes avec 10 parties d'anhydride acétique

([1]) *Ann. der Chem.*, **560**, 1948, p. 201.
([2]) *Ann. der Chim.*, **557**, 1947, p. 89.
([3]) E. Baumann et E. Fromm, *Ber. der Chem. Gesells.*, **28**, p. 897.
([4]) L'éther méthylique correspondant à (VII) a été décrit dans une Note précédente (*Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 551).

et distillation sous pression réduite. Les résultats de l'analyse élémentaire des dérivés acétiques correspondent parfaitement aux formules prévues (III) et (VI).

Signalons par ailleurs que lors de la préparation du trithioanéthole nous avons isolé un nouveau produit ($C_{20}H_{20}O_2S$) fondant à 110° paraissant isomère du composé obtenu par Gaudin ([5]) à côté du trithioanéthole (F 172°).

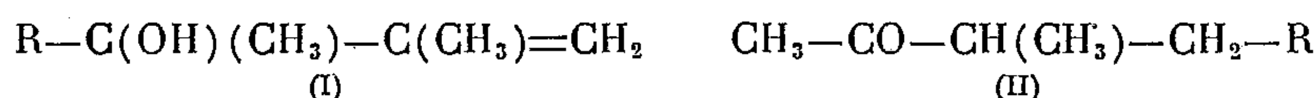
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des composés organomagnésiens sur les cétones α-éthyléniques.* Note de MM. **Jean Colonge** et **Jacques Dreux**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans l'action des composés organomagnésiens mixtes sur la méthylbuténone, les auteurs constatent, à côté de la réaction normale qui conduit à l'alcool tertiaire éthylénique, une addition en 1-4; cette dernière est exclusive avec le magnésien du chlorure de tertiaire butyle.

Dans le but de préparer des alcools tertiaires α-éthyléniques du type (I), nous avons fait réagir sur la *méthyl*-2 *butène*-1 *one*-3 les dérivés magnésiens des bromures d'éthyle, de *n*-butyle, d'isoamyle et du chlorure de tertiaire butyle.

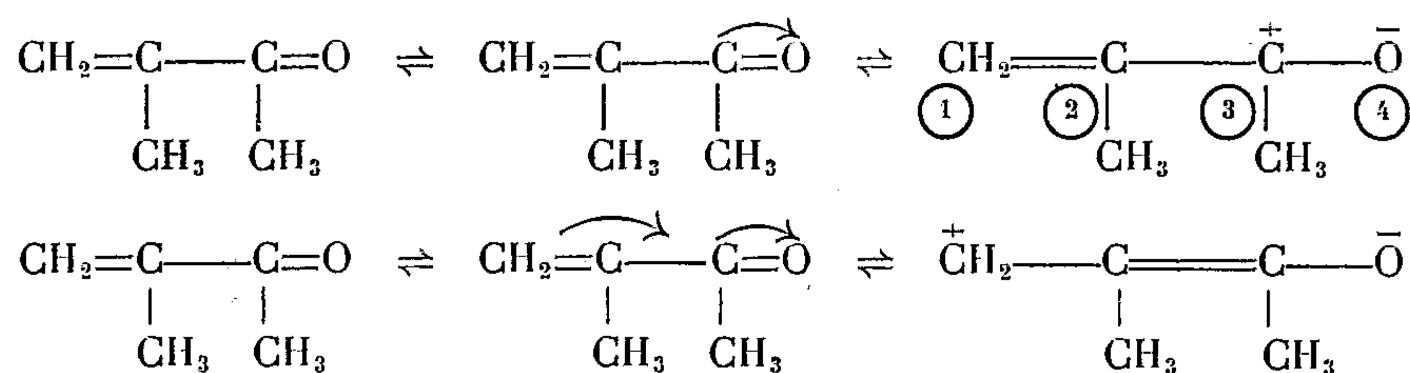
L'action d'un magnésien sur une cétone α-éthylénique aliphatique peut donner, à côté de l'alcool tertiaire éthylénique normalement attendu, une cétone saturée résultant de l'addition de R — MgX sur les extrémités du système des deux doubles liaisons conjuguées. Jusqu'ici, peu d'exemples de ce deuxième type de réaction avaient été signalés; on ne peut guère citer que les travaux de Stevens ([1]) et ceux de l'un de nous ([2]).

Avec les bromures d'alcoyles précédents, la méthylbuténone donne des mélanges d'alcools tertiaires du type (I) et de cétones saturées du type (II); tandis que le magnésien du chlorure de tertiaire butyle ne conduit qu'à la cétone saturée correspondante.



$$\underset{(I)}{R-C(OH)(CH_3)-C(CH_3)=CH_2} \qquad \underset{(II)}{CH_3-CO-CH(CH_3)-CH_2-R}$$

On peut admettre que la méthylbuténone serait en résonance entre les formules limites suivantes :



(5) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 479. *Voir* également Note (2).

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, **57**, 1935, p. 1112.

(2) Colonge, *Bull. Soc. Chim.*, **2**, 1935, p. 574 et **3**, 1936, p. 413.

Le radical hydrocarboné du réactif de Grignard va se porter sur les carbones présentant un déficit électronique, c'est-à-dire sur les carbones 1 et 3; la polarisabilité de la molécule de méthylbuténone est ainsi partagée comme l'indiquent les formules précédentes et ce partage dépend de la nature du radical hydrocarboné apporté par le magnésien; les radicaux du type tert. butyle orientant principalement la polarisation en 1-4. Aucune explication satisfaisante ne peut en être donnée.

Partie expérimentale. — L'addition de la solution éthérée de méthylbuténone au magnésien est faite lentement et vers 0° pour éviter des réactions secondaires. Les pourcentages de cétone dans le mélange alcool tertiaire-cétone saturée sont déterminés par oximation selon Vavon et Anziani [3].

L'influence de la température dans l'action du bromure d'éthylmagnésium sur la méthylbuténone se traduit par les résultats suivants :

Température (°C).	Rendement en alcool (%).	Rendement en cétone (%).
16	30	5
5	35,5	6
0	49	17,5
−5	29	1,3

L'influence de la nature du radical du magnésien, essais effectués entre 0° et 5°, est indiquée dans le tableau suivant :

Radical.	Rendement en alcool (%).	Rendement en cétone (%).
C_2H_5	49	17,5
n-C_4H_9	37,5	4,8
iso-C_5H_{11}	27,9	25,3
tert.C_4H_9	0	37,5

Diméthyl-2.3 *pentène*-1 *ol*-3 $C_7H_{14}O$. — Liquide, E_{18} 44-45°; d_4^{25} 0,843; n_D^{25} 1,4321; allophanate F 147°.

Diméthyl-2.3 *heptène*-1 *ol*-3 $C_9H_{18}O$. — Liquide, E_{16} 71-72°; d_4^{22} 0,838; n_D^{22} 1,4362.

Triméthyl-2.3.6 *heptène*-1 *ol*-3 $C_{10}H_{20}O$. — Liquide, E_{24} 84-85°.

Méthyl-3 *octanone*-2 $C_9H_{18}O$. — Liquide régénéré de sa semicarbazone, E_{15} 75-76°; d_4^{17} 0,827; n_D^{17} 1,423; semicarbazone F 86°.

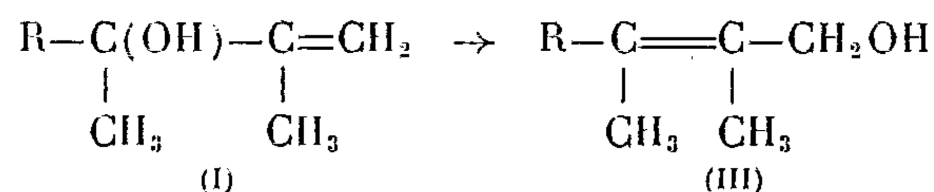
Diméthyl-3.7 *octanone*-2 $C_{10}H_{20}O$. — Liquide, régénéré de sa semicarbazone, E_{22} 88°; d_4^{21} 0,818; n_D^{21} 1,4240; semicarbazone F 95°.

---

(3) *Bull. Soc. Chim.*, (4), 41, 1927, p. 140.

Triméthyl-3.5.5 *hexenone*-2 $C_9H_{18}O$. — Liquide, régénéré de sa semicarbazone, E_{19} 61°; d_4^{18} 0,821; n_D^{18} 1,419; semicarbazone F 176°.

Nous examinons, pour l'instant, l'isomérisation des alcools tertiaires du type (I) en alcools primaires du type (III) :



A l'occasion de la présentation de cette Note, nous tenons à signaler qu'il y a 50 ans exactement que la première communication de notre Maître Victor Grignard sur les combinaisons organomagnésiennes mixtes paraissait aux *Comptes rendus* (4).

GÉOLOGIE. — *Le sondage de Sanvignes (Saône-et-Loire) et la structure du Bassin de Blanzy*. Note de MM. **Robert Feys** et **Charles Greber**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Depuis longtemps le bassin permo-carbonifère de Blanzy et du Creusot pose un problème important : y a-t-il ou non raccordement du terrain houiller productif sous le Permien de la zone centrale ?

Le sondage de Charmoy (1896) atteignit le socle cristallin vers 1116m sans rencontrer de charbon. Toutes les formations traversées jusqu'au granite furent attribuées au Permien. Delafond (1) considérait alors les Bassins de Blanzy et du Creusot comme indépendants, le Permien s'étant déposé dans une cuvette creusée par l'érosion après le dépôt du Houiller.

Vers 1920, P. Termier et G. Friedel font remarquer que le Houiller pourrait être représenté au sondage de Charmoy par les derniers 500m de grès traversés avant de toucher le granite (2). La formation permo-carbonifère serait descendue à grande profondeur par des accidents tectoniques.

L'étude du sondage de Sanvignes, terminée au début de cette année, nous permet d'apporter un jour nouveau sur cette importante question, et d'expliquer les résultats assez décevants des précédents sondages.

Nous y avons trouvé : jusqu'à la profondeur de 915m environ un Permien classique constitué par des alternances de grès gris, de schistes bitumineux, de calcaires dolomitiques, avec, à la partie (inférieure entre 850 et 915m) apparition d'argilolites rouge chocolat. Ces terrains sont en général dépourvus de

(4) *Comptes rendus*, **130**, 1900, p. 1322.

(1) *Gîtes minéraux de la France*, Paris, 1902.

(2) Rapport inédit, 1920.

flore, sauf vers 235^m, où l'on rencontre des grès à *Walchia*, *Callipteris*, *Tœniopteris*.

A partir de 928^m le sondage pénètre dans une série monotone d'arkoses multicolores, interrompue par quelques passages schisteux noirs. Aux niveaux 928, 1025, 1033 et 1050 nous y avons trouvé la flore suivante :

Odontopteris Reichi Gutbier, *Callipteridium pteridium* Schlotheim ou *gigas* Gutbier, accompagnés de *Pecopteris Daubrei* Zeiller, *P. unita* Brong., *P. polymorpha* Brong., *Shenophyllum oblongifolium* Germ., *Alethopteris Grandini* Brong., *Linopteris Germani* Gieb. (déterminations revues par M. P. Corsin).

Cette flore est caractéristique du Stéphanien moyen, c'est-à-dire du même âge que le terrain houiller productif de Montceau ([3]).

Puis le sondage se poursuit jusqu'à la profondeur de 1451^m dans des arkoses grossières multicolores, sans atteindre le socle cristallin.

Ces faits nous permettent d'interpréter les anciens sondages et de donner une explication d'ensemble du bassin.

1° Nous n'avons pas trouvé trace de discordance entre le Permien et le Stéphanien. Ce point avait été déjà constaté dans de nombreux sondages antérieurs et notamment au sondage de Bois du Verne (1923), de Montmaillot II (1929), de Joux (1944). Mais alors, le Stéphanien supérieur n'ayant pas été reconnu paléontologiquement, il existe une lacune stratigraphique, à moins que cette assise ne soit représentée par une partie des terrains que l'on a coutume de rapporter à l'Autunien en l'absence de fossiles. A ce sujet, signalons que, malgré nos recherches poursuivies depuis 1944, nous n'avons jamais rencontré de flore caractérisant le Stéphanien supérieur dans le bassin de Blanzy. Les *Odontopteris minor* Brong. que certains auteurs ont pu signaler ne sont que des extrémités de penne d'*Odontopteris Reichi* Gutbier ([3]).

2° Le Houiller existe bien sous le Permien de la zone centrale, mais il y est stérile. Les sondages ont montré que si les veines peuvent encore se rencontrer au delà des grands accidents tectoniques limitant vers le Nord-Ouest les couches de Montceau, elles sont loin d'y présenter la même importance que dans les exploitations; et un sondage comme celui de Sanvignes, placé à une distance suffisante de la zone exploitée, a recoupé un houiller complètement stérile.

Il est donc aussi fort probable que les 500^m de grès recoupés au sondage de Charmoy représentent bien comme le pensaient déjà P. Termier et G. Friedel le houiller stérile du centre du bassin.

Cette notion de la stérilisation d'un bassin limnique de la bordure vers le centre a d'ailleurs été déjà mise en évidence par P. Pruvost dans ceux de Saint-Étienne, d'Autun et d'Épinac ([4]).

([3]) P. CORSIN, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 858.

([4]) *Ann. Soc. Géol. Nord*, 67, 1947, p. 279.

Enfin, remarquons la superposition, à peu près au même endroit, de deux phénomènes nettement différents : d'une part, la limite d'avilissement des couches, d'autre part, la zone des grandes failles d'effondrement. Cette juxtaposition n'est pas étonnante; il est logique que les cassures se soient produites là où les terrains avaient des propriétés mécaniques différentes, par suite de leur différence de composition pétrographique. De même, ces zones de fractures correspondent en gros avec les bords de l'ancienne fosse carbonifère où se sont déposés les sédiments houillers : nous sommes en présence d'un vaste bassin d'effondrement. De plus, les sondages ont montré que le Permien de la zone centrale atteint parfois des épaisseurs dépassant 1000^{m}. On voit que la somme des enfoncements successifs de ce bassin est considérable.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Analyse du squelette* d'Ebria *et relations de ce genre avec les* Ammodochiidæ. Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il y a parallélisme entre les constituants principaux du squelette dans les genres *Ebria* Borgert et *Ebrinula* nov. gen. Ce dernier, ancêtre possible d'*Ebria*, relie la famille des *Ebriidæ* à celle des *Ammodochiidæ* fam. nov.

Des deux genres vivants d'Ebriédiens, l'un (*Ebria*), à triode initial, occupe présentement une position très isolée, le principal des genres fossiles tenus pour voisins (*Ebriopsis*) en ayant été éloigné ([1]). Confiant, jusqu'ici, dans les travaux de mes devanciers, je n'avais pas étudié *Ebria*. L'analyse de son squelette, faite sur des spécimens fossiles et actuels, m'a conduit à une interprétation, traduite dans les schémas des figures 6 et 11, révélant des affinités méconnues. Une baguette, que je nomme baguette connective (*bc*), jamais représentée encore, réunit les synclades *sa* 23 et *sp* 23. Cette baguette, qui peut être réduite à une simple soudure (*fig.* 5 et 6), existe chez un autre Ebriédien que j'avais, autrefois, pris pour une simple anomalie ([2]) et qu'Hovasse ([3]) a nommé ensuite *Ammodochium prismaticum* var. *paradoxum*. De cette forme, commune dans certaines diatomites oligocènes d'Oamaru, je fais le genre nouveau *Ebrinula* ([4]). Tous les éléments du squelette d'*Ebrinula* se retrouvent dans celui d'*Ebria* (cf. *fig.* 2 et 11), compte tenu de la réduction fréquente

---

([1]) G. Deflandre, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1683.

([2]) G. Deflandre, *Bull. Soc. Zool. de Fr.*, 57, 1932, p. 305, figure 11.

([3]) *Ibid.*, p. 462, figure 11.

([4]) *Ebrinula* nov. gen. Diffère du g. *Ammodochium* par la possession d'une baguette connective unissant un des synclades antérieurs au synclade postérieur correspondant. Génotype : *Ebrinula paradoxa* (Hov.) Defl. = *Ammodochium prismaticum* var. *paradoxum* Hovasse 1932 *loc. cit. supra.*

de *bc*. L'homologation est rendue claire par les schémas figures 2 et 6, correspondant aux figures 1 et 5 ([5]).

La différence profonde de physionomie entre les deux genres est due principalement à des modifications notables de proportions dans les constituants

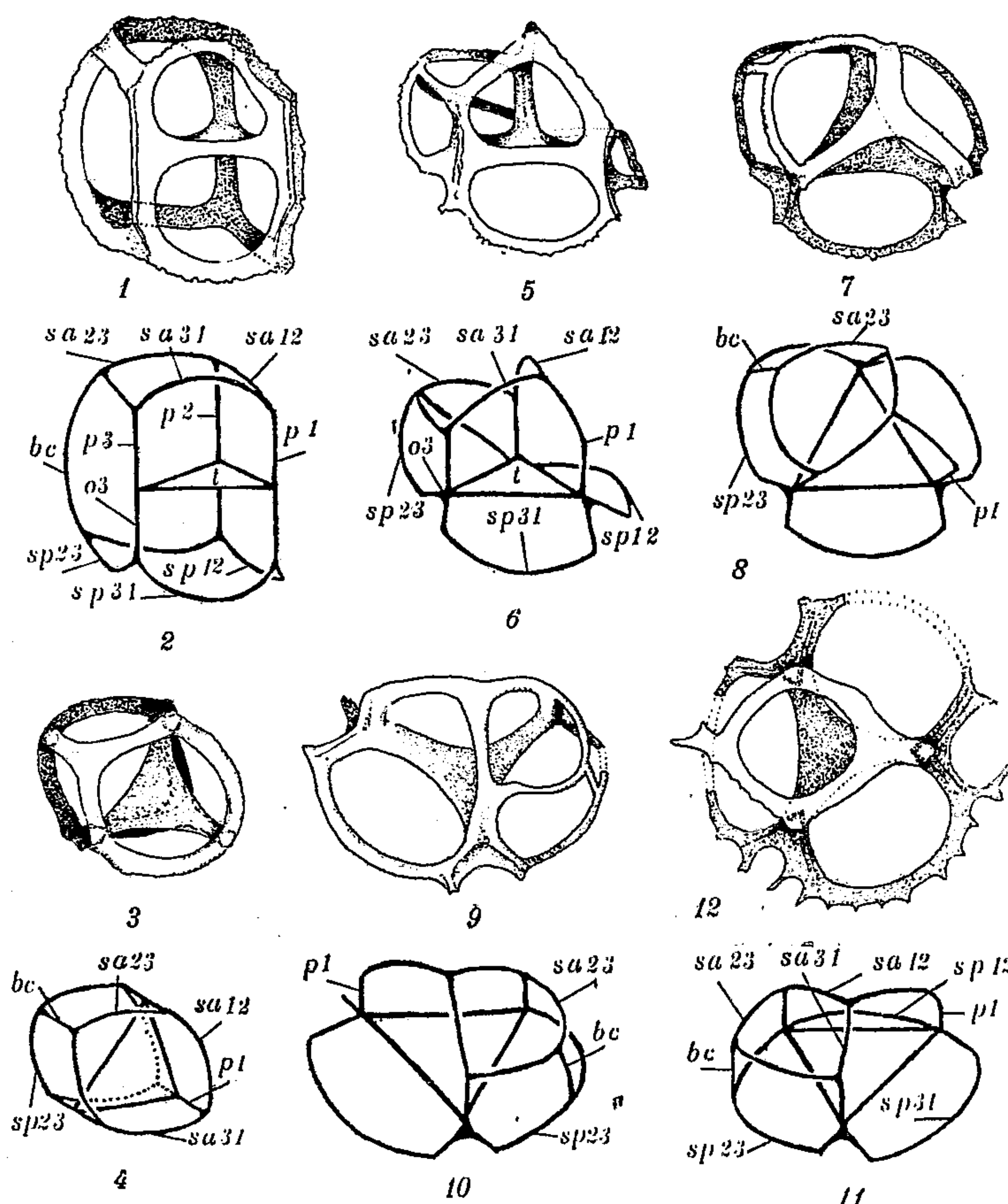


Fig. *1* à *12*. — *1* à *4*, *Ebrinula paradoxa* (Hov.) Defl. Oligocène, Oamaru, N. Z. *5* à *8*, *Ebria hannai* (Defl.). Miocène, Malaga Cove, Cal. U. S. A. *9* à *11*, *Ebria* cf. *tripartita* (Schum.). Miocène, Sendai, Japon. *12*, *E. tripartita* (Schum.). Actuel, Manche. Les schémas *2*, *4*, *6*, *8*, *10* correspondent aux figures *1*, *3*, *5*, *7*, *9*. La figure *11* schématise un squelette analogue à celui de la figure *9*, sous une orientation décalée de 12°C. *1*, *5*, *9*, vues latérales obliques; *3*, *7*, vues apicales obliques; *12*, vue apicale exacte. Légende des schémas comme précédemment : en plus, *bc*, baguette connective et *t*, triode. Grossissement : 1166.

élémentaires. On peut imaginer la genèse de ces modifications en supposant un aplatissement général du squelette d'*Ebrinula*, se traduisant par :

([5]) La figure 5 représente le type du genre *Ebriella* Defl. 1934 (*Ann. Prot.*, 4, p. 85), que la documentation publiée à l'époque m'avait fait séparer d'*Ebria*, malgré un schéma squelettique très comparable (*loc. cit.* p. 86). Les progrès réalisés ici permettent de classer cette forme dans le genre *Ebria* et de supprimer *Ebriella*.

1° le raccourcissement des proclades et plus encore des opisthoclades, dont la bifurcation primaire peut arriver au niveau du triode, ou presque;

2° la réduction parallèle de *bc*, avec rapprochement de *sa 23* et *sp 23*;

3° l'inflexion du point de jonction *sa 12-sa 31* vers l'axe principal du triode, ce qui entraîne l'allongement de *p 1* en une baguette composant, avec *sa 12* et *sa 31*, le soi-disant trépied supérieur;

4° le large étalement des synclades postérieurs dans un plan légèrement oblique au triode.

A cela s'ajoute, chez certaines formes d'*Ebria*, la sécrétion de mésoclades variés, ce qui, avec le développement d'une ornementation plus ou moins épineuse, contribue à donner au squelette une apparence complexe, tout en masquant le schéma fondamental. Le parallélisme de ce schéma avec celui d'*Ebrinula* ne démontre pas *de facto* l'origine phylogénétique d'*Ebria* : on ne peut affirmer qu'*Ebrinula paradoxa*, si proche d'*Ammodochium rectangulare*, constitue effectivement le terme de passage entre *Ebria*, type de la famille des *Ebriidæ* et *Ammodochium*, type de la famille des *Ammodochiidæ* fam. nov. Mais une explication simple et plausible de la genèse du squelette d'*Ebria* est proposée et, surtout, l'existence, entre les deux familles précitées, de traits communs insoupçonnés jusqu'ici, est nettement mise en évidence.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la nature et le développement du liber intramédullaire des feuilles de* Ficus elastica *Roxb.* Note de M. **Albert Duchaigne**, présentée par M. Paul Becquerel.

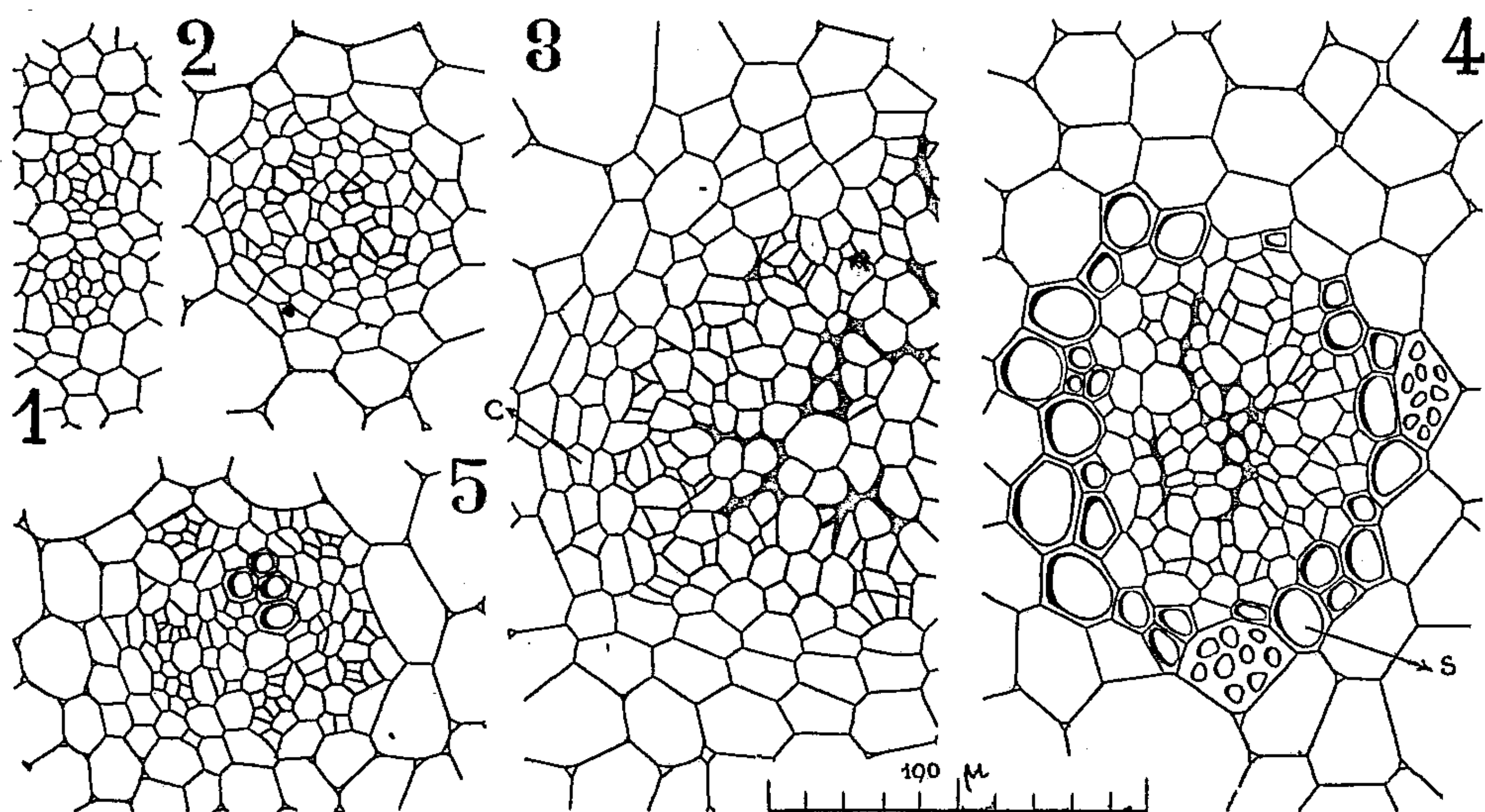
Le liber intramédullaire de la feuille du *Ficus elastica* appartient à un plexus libéro-cambial où se prolongent, de haut en bas, en perdant leurs vaisseaux, une partie des faisceaux libéro-ligneux provenant des petites nervures du limbe; il ne s'agit nullement d'un liber surnuméraire.

L'appareil conducteur foliaire des Moracées présente une disposition annulaire plus ou moins continue circonscrivant une moelle semblable à celle d'une tige. On sait depuis les travaux de Dehay qu'il comprend typiquement un arc libéro-ligneux inférieur, un arc supérieur et des formations médullaires résultant de *plissements internes* dont les sommets s'isolent dans la moelle; ces dernières, libéro-ligneuses ou exclusivement libériennes comme dans les *Ficus*, ne s'observent jamais dans la tige et apparaissent au nœud foliaire (1). Mais on n'a pas encore décrit l'histogénèse de ces formations médullaires ni leur comportement dans la moelle; c'est pourquoi nous avons repris l'étude de la

(1) *Recherches sur l'appareil conducteur foliaire des Urticacées, des Moracées et des Ulmacées. Thèse Doct. Sc.*, Lille, 1934.

feuille du *Ficus elastica* et nos recherches nous ont alors conduit à une nouvelle interprétation de son liber intramédullaire.

Dans le pétiole les massifs libériens médullaires demeurent localisés à proximité de la chaîne libéro-ligneuse et dans le limbe ils se dispersent au contraire dans toute la moelle. Leur taille varie beaucoup; les plus petits correspondent chacun à un îlot criblé de la chaîne dont le liber montre en effet des îlots criblés distincts séparés par des rayons parenchymateux. Constitués par des tubes criblés de grande taille et par des petites cellules annexes ils sont pauvres en parenchyme libérien. Ils ont une bordure cambiale précoce, bien que peu active, convexe et périphérique; il s'agit donc de massifs libéro-cambiaux. Leur différenciation *débute* (*fig.* 1) dans le bourgeon terminal, en



Ficus elastica. — 1, 2, 3, 4, développement du liber intramédullaire dans la nervure médiane. 1, très jeune feuille du bourgeon terminal (nervure de $1^{mm},1$ de diamètre, à la base du limbe); 2, feuille plus âgée du bourgeon (nervure de 4^{mm}); 3 et 4, limbe bien développé de 28^{cm}; 3, près du pétiole; 4, vers le milieu du limbe; 5, petite nervure; *c*, bordure cambiale; *s*, cellules sclérifiées à ponctuations.

même temps que celle des faisceaux de l'arc supérieur, avec un léger retard sur l'arc inférieur. On assiste à la différenciation nacrée des tubes criblés, à la formation finale de larges cribles du type Courge, puis à l'épaississement accentué et irrégulier de la membrane pecto-cellulosique des éléments les plus éloignés de la bordure cambiale (*fig.* 2 et 3). Cette dernière donne enfin naissance à quelques fibres-trachéides ou libriformes, mais surtout à des cellules sclérifiées identiques à celles qui accompagnent les vaisseaux des arcs, à section longitudinale presque rectangulaire, 2 à 5 fois plus longues que larges, à ponctuations ovoïdes simples, larges et nombreuses. Cette lignification, nulle dans le pétiole, affecte principalement la moitié supérieure du limbe et réalise une disposition libéro-ligneuse pseudo-périphérique (*fig.* 4); ce n'est pas

d'ailleurs, la seule particularité de l'appareil conducteur de cette feuille, puisqu'il comporte aussi de nombreux faisceaux pseudo-centriques (*fig.* 5).

Les fascicules médullaires apparaissent à 3 ou 4^{cm} de l'apex foliaire, puis leur nombre croît de haut en bas, un fascicule par exemple à 4^{cm} de l'apex, 3 à 5^{cm}, 6 à 6^{cm}, 9 à 8^{cm}, 12 à 10^{cm}, 16 à 14^{cm}, c'est-à-dire vers le milieu du limbe, de 20 à 25 à la base du limbe et 20 à la base du pétiole; ils disparaissent au nœud foliaire en s'unissant aux faisceaux de la chaîne libéro-ligneuse. Ces nombres varient pour une même feuille à des niveaux très rapprochés car les formations médullaires contractent de multiples rapports entre elles; des coalescences et des ramifications modifient à chaque instant la répartition du liber intramédullaire qui appartient donc à un véritable plexus libéro-cambial.

La course de ces fascicules s'avère égalemeut compliquée lorsqu'ils quittent la moelle. Le plus souvent ils viennent s'unir aux faisceaux de l'arc supérieur qui se ramifient ensuite et se prolongent dans les petites nervures; d'autres fois ils s'unissent aux extrémités de l'arc inférieur destinées à alimenter de grosses nervures. Enfin, plus rarement, un fascicule médullaire quitte la moelle sans contracter de tels rapports et devient directement un faisceau libéro-ligneux qui se prolonge dans une petite nervure.

Ainsi le liber intramédullaire n'est pas un liber surnuméraire; il n'existe ni dans la tige ni dans la région apicale du limbe; il possède une bordure cambiale précoce et se prolonge dans des faisceaux collatéraux normaux. Il appartient en réalité à un plexus libéro-cambial et même plus ou moins libéro-ligneux, constitué par le prolongement basipète d'une partie des faisceaux qui proviennent des petites nervures du limbe foliaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution chimique de l'asiaticoside et notamment de l'acide asiatique* III ([1]). *Sur la lactonisation et la décarboxylation de l'acide asiatique.* Note de Mme **Judith Polonsky**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Étude du comportement de l'acide asiatique envers HCl dans l'acide acétique. On isole deux lactones $C_{30}H_{48}O_5$, F 270°, F 280° et un triol F 266°, résultant de la décarboxylation de l'acide asiatique.

L'acide asiatique ([2]) obtenu par hydrolyse de l'asiaticoside ([2]), ([3]) peut être considéré comme un acide triterpénique $C_{30}H_{48}O_5$ (I) trihydroxylé, dont 2OH sont en position 1,2 et possèdant dans sa molécule une double liaison inerte ([1]), ([2]), ([4]).

([1]) J. Polonsky, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 485.

([2]). P. Boiteau, A. Buzas, E. Lederer et J. Polonsky, *Nature*, 163, 1949, p. 25; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 46.

([3]) M. Frerejacques, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1510.

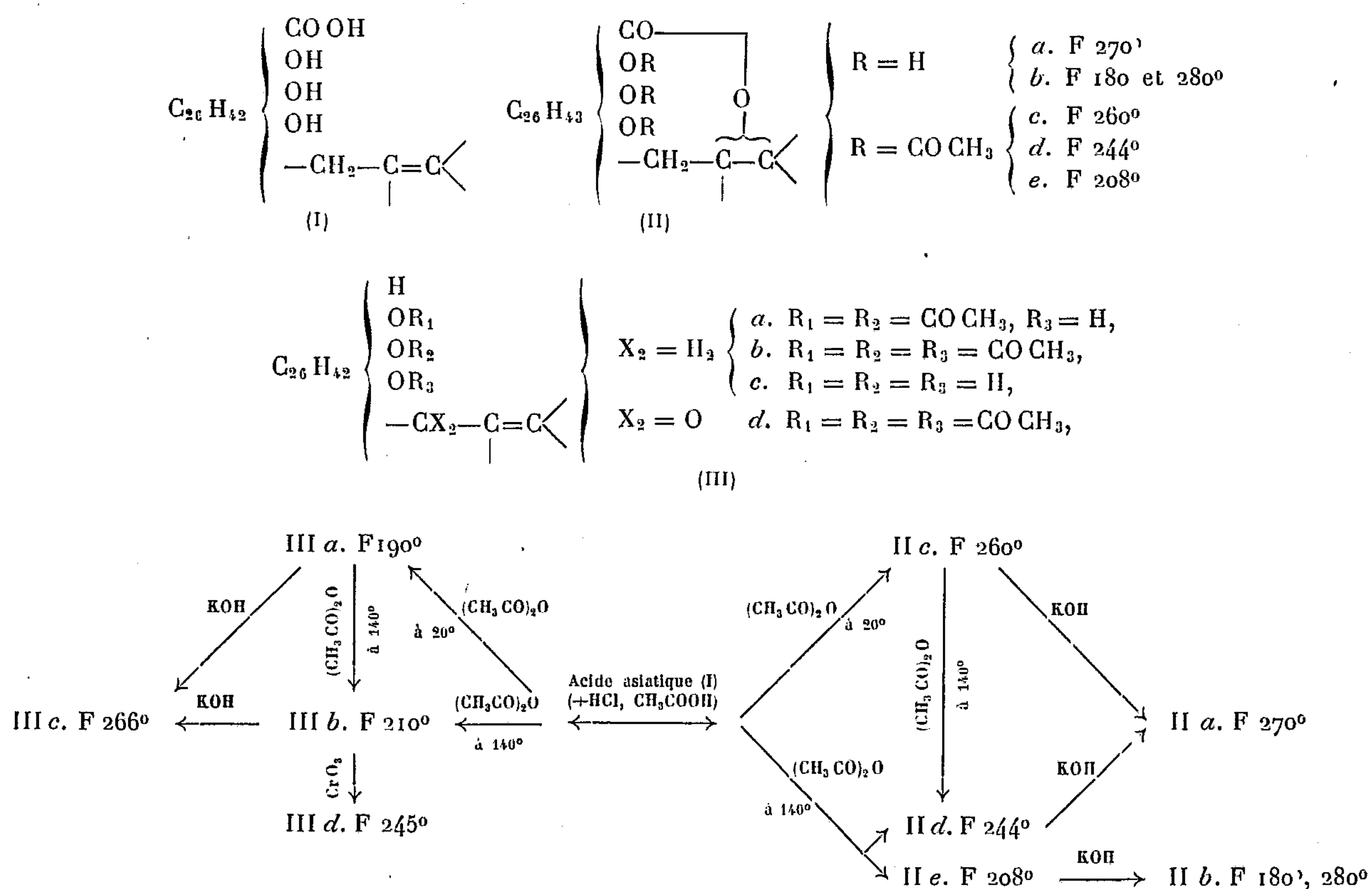
([4]) J. Polonsky, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1450.

Les acides triterpéniques ayant une double liaison en γ, δ par rapport à la fonction acide (par exemple l'acide oléanolique) se lactonisent avec un bon rendement par action d'HCl dans l'acide acétique ([5]).

L'acide asiatique soumis au même traitement fournit seulement 8 % de partie neutre. En partant de 8g d'acide asiatique, on a pu, en répétant plusieurs fois le traitement sur le produit n'ayant pas réagi, collecter 4g de produit *neutre* constitué par un mélange d'acétates. En traitant par de l'anhydride acétique à froid puis à chaud, traitement qu'on fait suivre par des chromatographies et des cristallisations répétées, nous avons constaté que l'acide asiatique s'était d'une part, *lactonisé* (II) et d'autre part, *décarboxylé* (III).

Le produit de décarboxylation, séparé par chromatographie sur alumine du produit lactonique, donne une coloration jaune avec le tétranitrométhane, alors que la fraction lactonique n'en donne aucune.

En outre, le produit de décarboxylation, triacétylé (III*b*), fournit par oxydation chromique la cétone α, β insaturée (III*d*), tandis que la fraction lactonique est récupérée inchangée après le même traitement.



([5]) A. Winterstein et G. Stein, *Zeits. physiol. Chem.*, **199**, 1931, p. 64.

Il résulte de ces différences de comportement que le produit de décarboxylation (III) possède encore la double liaison de l'acide asiatique, tandis que celle-ci a été saturée dans (II) par la formation d'une lactone.

Lactones (II). — Nous isolons trois triacétyl-lactones isomères : (II*c*), F 260°; (II*d*), F 244° [6], $\alpha_D + 30°,0$ ($c = 0,75$); (II*e*), F 208°, $\alpha_D + 6°,3$ ($c = 0,63$). (II*c*) a été séparé du produit de réaction après acétylation par de l'anhydride acétique à froid. Il se transforme par chauffage avec de l'anhydride acétique en son isomère (II*d*), F 244°. Celui-ci peut aussi être isolé, à côté du troisième isomère, (II*e*), F 208°, du produit de réaction après acétylation à chaud.

$C_{36}H_{54}O_8$; calculé %, C 70,33; H 8,85. (II*c*), F 260°, trouvé % [6], C 70,17; 70,26; H 8,91; 8,87. (II*d*), F 244°, trouvé %, C 70,06; H 8,97. (II*e*), F 208°, trouvé %, C 70,16; H 8,95.

La saponification par la potasse alcoolique de (II*c*) et de (II*d*) fournit la même lactone (II*a*), F 270°, $C_{30}H_{48}O_5$, calculé %, C 73,73; H 9,90; trouvé %, C 73,81; H 9,83. (II*d*), F 208° donne par saponification la lactone (II*b*) ayant un double point de fusion : 180 et 280°.

Produit de décarboxylation (III). — Nous l'avons isolé sous forme de diacétate (III*a*) et de triacétate (III*b*). Le diacétate (III*a*) cristallisé fond à 188-190°. $\alpha_D + 5°,4$ [($CHCl_3$), $c = 1,01$]. $C_{33}H_{52}O_5$; calculé %, C 74,94; H 9,92; trouvé %, C 74,78; H 10,33. Le triacétate (III*b*) se présente sous forme de beaux prismes fondant à 208-210°. $\alpha_D + 15°,4$ [($CHCl_3$) $c = 1,1$].

$C_{35}H_{54}O_6$; calculé %, C 73,64; H 9,54; trouvé %, C 73,62; H 9,54.

On passe de (III*a*) à (III*b*) par acétylation à chaud. La saponification alcaline, soit de (III*a*), soit de (III*b*) fournit le triol (III*c*) qui, cristallisé du méthanol dilué, se présente sous forme de belles aiguilles se sublimant à partir de 230° et fondant à 262-266°, $\alpha_D + 20°,3$ [($CHCl_3$), $c = 1,03$]. $C_{29}H_{48}O_3$; calculé %, C 78,32; H 10,88; trouvé %, C 77,99; H 11,03.

L'oxydation de (III*b*) par CrO_3 fournit la cétone α, β insaturée (III*d*), F 240-245° et présentant le spectre d'absorption caractérisque d'une cétone α, β insaturée de la série triterpénique (λ_{max} 255 mμ log $\varepsilon = 3,97$). $C_{35}H_{52}O_7$; calculé %, C 71,88; H 8,96; trouvé %, C 72,20; H 9,19.

En résumé, l'acide asiatique se lactonise beaucoup plus difficilement que l'acide oléanolique et donne en même temps un triol résultant de sa décarboxylation.

---

[6] Tous les points de fusion de cette Note sont corrigés. Les pouvoirs rotatoires ont été pris en solution chloroformique. Les microanalyses ont été effectuées par le Dr W. Manser au laboratoire du Professeur Ruzicka à l'École Polytechnique de Zurich.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de l'exercice musculaire sur la capacité pour l'oxygène du sang de la Carpe* (Cyprinus Carpio *L.*). Note de M. **Marcel Secondat**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La capacité pour l'oxygène du sang de la Carpe soumise à un effort musculaire intense et prolongé, subit une chute très importante, qui est en rapport avec la forte acidose plasmatique résultant de l'hyperlactacidémie de la fatigue.

Nous avons déjà étudié quelques-unes des modifications sanguines qui se manifestent chez la Carpe au cours d'un exercice intense et prolongé, et dans la période de restauration musculaire. Les résultats obtenus nous ont permis d'établir :

1° qu'un exercice musculaire intense et prolongé pendant 15 minutes détermine chez le poisson une élévation très importante du taux de l'acide lactique sanguin (1);

2° que l'hyperlactacidémie résultant de la fatigue détermine chez la Carpe une forte acidification plasmatique liée à l'importante décharge en acide lactique du muscle vers le plasma (2).

Poursuivant ces recherches, nous avons mesuré la capacité du sang pour l'oxygène sur des Carpes au repos et sur des Carpes contraintes à un même effort musculaire, aboutissant à une fatigue manifeste. Nons avons utilisé des sujets d'un poids de 400 à 500^{g}; sur lesquels le sang a été prélevé par ponction cardiaque, suivant la technique exposée dans l'une des Notes précédentes (1).

La capacité du sang pour l'oxygène a été mesurée sur 1^{cm^3} de sang par la méthode de van Slyke, au moyen du grand appareil manométrique de cet auteur, destiné à l'étude des gaz du sang.

Chaque expérience nécessitait deux prélèvements de sang, chacun d'un volume supérieur à 1^{cm^3}, effectués, l'un avant, l'autre après l'exercice. Dans de telles conditions, il nous était impossible d'effectuer successivement deux saignées sur le même poisson sans appauvrir considérablement le sang en hématies par la première. Nous avons donc opéré sur des sujets différents; les uns ont été saignés au repos, les autres immédiatement après l'exercice.

Les résultats de nos mesures figurent dans le tableau ci-après, ils sont exprimés en centimètres cubes d'oxygène pour 100^{cm^3} de sang total.

L'examen de ces chiffres nous permet de dégager les observations suivantes :

1° La capacité pour l'oxygène du sang de la Carpe au repos et à jeun s'élève à 9,33 pour 100^{cm^3} de sang (moyenne de six individus) avec des variations individuelles très considérables.

(1) M. Secondat et D. Diaz, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 71.

(2) R. Auvergnat et M. Secondat, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 92.

2° Un exercice musculaire intense et prolongé pendant une durée de 15 minutes détermine chez la Carpe une baisse importante de la capacité du sang pour l'oxygène.

Capacité du sang pour l'oxygène (température de l'eau, 8 à 10°).

Avant l'exercice.		Immédiatement après l'exercice.	
Carpe A.........	7,860	Carpe G.........	6,856
» B.........	9,720	» H.........	8,200
» C.........	8,200	» I.........	4,708
» D.........	11	» J..........	5,861
» E.........	8,400	» K..........	5,864
» F.........	10,780	» L..........	4,574
Moyenne...	9,330	Moyenne...	5,84

Nous pensons que cette chute de la capacité respiratoire du sang chez la Carpe contrainte à l'effort, est en rapport avec la forte acidification plasmatique résultant de la décharge d'acide lactique signalée antérieurement.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Mise en évidence d'une induction exercée par l'ectoderme sur le mésoderme dans la morphogenèse embryonnaire de* Leptinotarsa (*Insecte, Col.*). Note de M. **André Haget**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons recherché expérimentalement s'il existait une interdépendance entre la différenciation de l'ectoderme et celle du mésoderme dans le germe de *Leptinotarsa*.

TECHNIQUE. — A l'aide d'un électrocautère, nous détruisons, par juxtaposition de légères brûlures, de larges territoires cellulaires sur de très jeunes gastrules de *Leptinotarsa* (au moment où se dessine le contour de la *plaque médiane* : 28 heures à 24° C).

Lors de leur formation puis de leur fermeture, les replis amniotiques s'insinuent toujours sous l'escarre qui se trouve ainsi séparée de l'embryon par deux assises cellulaires.

La présence de cette escarre au contact du germe n'entraîne aucune modification des tissus sous-jacents, y compris la portion de séreuse contiguë.

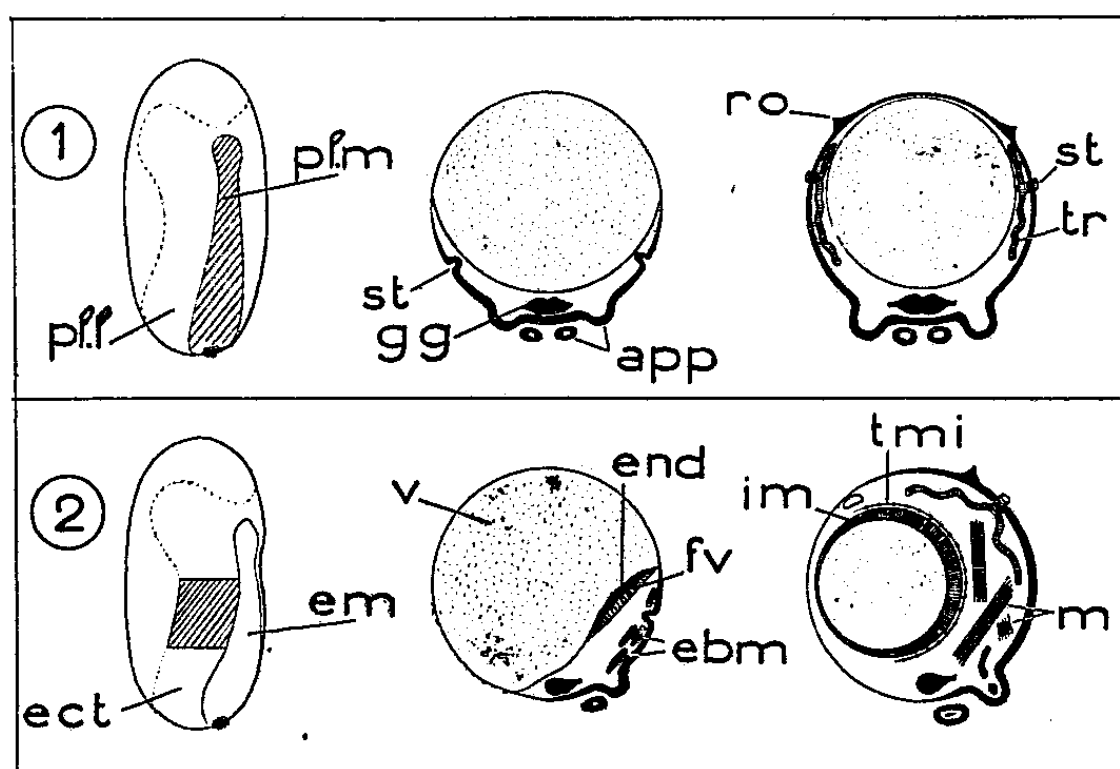
RÉSULTAT. — I. *Suppression de la plaque médiane* (*endomésoblaste*) (*fig.* 1). — La cicatrisation s'opère par soudure bord à bord des limites latérales de la brûlure.

Comme on pouvait le prévoir, les embryons obtenus sont dépourvus de tout dérivé endomésoblastique, et en particulier de muscles et de cœlome; ils ne présentent pas, à l'éclosion, l'aspect turgescent des larves normales.

Mais ces embryons possèdent cependant tous leurs appendices, des stigmates, des trachées, un cerveau et une chaîne nerveuse. L'opération n'a donc nulle-

ment empêché l'évolution ultérieure fondamentale de l'ectoblaste, qui s'avère, dans son ensemble, capable d'autodifférenciation.

II. *Suppression d'une partie de plaque latérale (ectoblaste) sur toute sa largeur (fig. 2).* — La cicatrisation procède du rapprochement des bords antérieur et postérieur de la brûlure, et de l'étalement dorso-ventral de l'épithélium extra-embryonnaire. Au moment de l'éclosion, les larves s'avèrent dépourvues de toutes les formations ectodermiques correspondant à la portion d'ectoblaste détruit.



1. Suppression de la plaque médiane (endomésoblaste). — 2. Suppression unilatérale d'une partie de plaque latérale (ectoblaste) sur toute sa largeur. — *De gauche à droite*, dans les deux expériences : principe de l'opération (la portion brûlée du germe est hachurée), puis sections transversales schématiques du germe 2 jours et 5 jours après brûlure. *app*, appendice; *ebm*, ébauches musculaires; *ect*, ectoblaste; *em*, endomésoblaste; *end*, endoblaste; *fv*, feuillet viscéral du mésoderme; *gg*, ganglions nerveux; *im*, intestin moyen; *m*, muscles; *pl. l*, plaque latérale; *pl. m*, plaque médiane; *ro*, *ruptor ovi*; *st*, stigmate; *tmi*, tunique mésodermique de l'intestin moyen; *tr*, trachée; *v*, vitellus.

L'opération n'avait nullement lésé le mésoblaste, ni empêché son invagination gastrulaire; cependant, les larves opérées sont dépourvues de toutes les formations mésodermiques qui auraient dû être fournies par le mésoblaste placé, lors de la gastrulation, sous la partie d'ectoblaste enlevée.

Les éléments mésoblastiques recouverts d'épithélium extra-embryonnaire cicatriciel (mais non d'ectoderme) n'ont pas subi de différenciation ultérieure, n'ont pas donné de formations mésodermiques autonomes. La manifestation la plus frappante de ce phénomène est l'absence totale de cœlome et de muscles somatiqnes dans la région opérée. Le mésoblaste correspondant à la surface d'ectoblaste détruit, ou bien a dégénéré, ou bien s'est réparti sous l'ectoderme voisin de la région brûlée, et a contribué alors à l'édification de l'infrastructure mésodermique relative à ces régions ectodermiques normales.

Au moment de la gastrulation, la destinée du mésoblaste n'est donc pas

irrévocablement fixée. En l'absence d'ectoderme, le mésoblaste invaginé ne manifeste aucune prédisposition morphogénétique.

La différenciation normale du mésoderme n'est donc possible qu'après contact avec l'ectoderme.

Conclusions. — Puisque, chez *Leptinotarsa*, la différenciation de l'ectoderme et de ses dérivés est indépendante de la présence du mésoderme, mais qu'au contraire le mésoderme ne se différencie qu'en contact avec l'ectoderme, il nous paraît justifié de conclure à l'existence, chez cet Insecte, d'un large processus d'induction inverse de celui connu chez les Amphibiens, l'inducteur étant ici le feuillet superficiel et le récepteur le feuillet sous-jacent.

Quoi qu'il en soit, nos résultats expérimentaux, obtenus en étudiant le germe d'un Coléoptère, sont tout à fait comparables à ceux fournis par les opérations de Bock (²) sur le germe de *Chrysopa* (Névroptère).

CYTOLOGIE. — *Sur la présence d'un chromosome nucléoligène dans la spermatogenèse de* Physa acuta *Drap.* Note de Mlles **Odette Tuzet** et **Jeanine Mariaggi**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Il y a quelques années l'une de nous décrivait avec E. Chatton (Chatton et Tuzet, 1942-1943) (¹), un chromosome nucléoligène chez huit espèces de Lombriciens et en particulier chez *Lumbricus herculeus* Sav. A l'extrémité d'un chromosome, le chromosome nucléoligène, on observe un court segment Feulgen négatif, recouvert par une coiffe éosinophile également Feulgen négatif. L'extrémité du segment et la coiffe se détachent pour former le nucléole. L'ensemble est le pronucléole qui, en croissant, donnera le nucléole de la cellule. Le segment de chromosome est terminal et de calibre normal, ce qui le différencie des S. A. T. chromosomes décrits chez les plantes qui correspondent à un segment rétréci du chromosome.

Nous avons trouvé, dans la spermatogenèse de *Physa acuta*, un chromosome nucléoligène rappelant celui du *Lumbricus herculeus*.

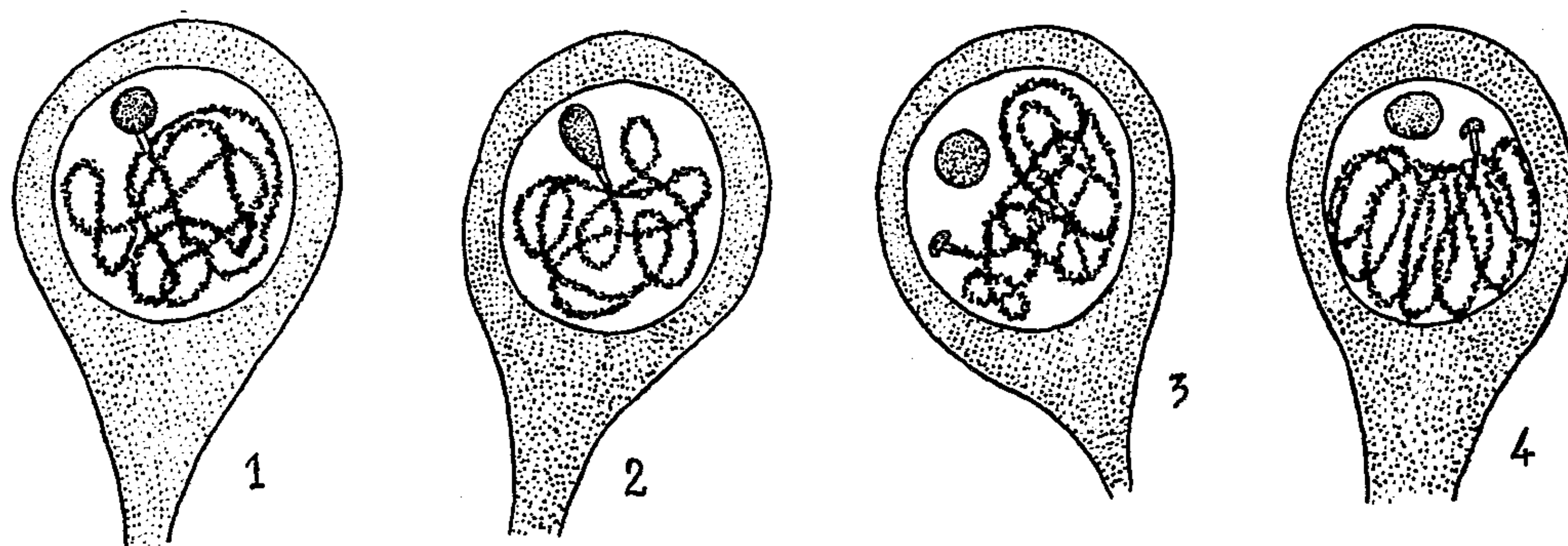
Dans les spermatocytes I, au début de la formation du spirème, le nucléole est à l'extrémité d'un chromosome (*fig.* 1). A ce moment il a la taille du nucléole que l'on voyait dans le noyau à l'état quiescent et dont on ne pouvait, à ce stade, observer les connexions. Pendant la contraction du spirème, le nucléole grossit et prend une forme ovoïde (*fig.* 2), puis il se détache du chromosome, s'arrondit et à l'extrémité du chromosome nucléoligène s'observe alors une coiffe éosinophile, semblable à celle des Lombriciens (*fig.* 3). Pen-

---

(²) *Voir* : F. Seidel, E. Bock et G. Krause. *Die Naturwiss.*, 28, 1940, p. 433-446; E. Bock, *Arch. f. Entw.-Mech.*, 141, 1941, p. 159-247.

(¹) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 894-896; *Bull. Biol.*, 77, 1943, p. 29-61.

dant la fragmentation du spirème et la formation des anses, le chromosome nucléoligène et sa coiffe sont bien distincts (*fig.* 4). On ne le distinguera plus au stade bouquet et pendant la formation des tétrades. Le nucléole persiste plus longtemps; généralement, il disparaît au moment où les tétrades s'individualisent mais, dans certains cas, on peut l'observer jusqu'à la métaphase.



Spermatocytes I de *Physa acuta* DRAP. — Prophase de la première mitose de maturation.

Comme chez les Lombriciens, la réaction de Feulgen nous a montré que l'extrémité du chromosome nucléoligène et la coiffe étaient Feulgen-négatif, sans acide thymonucléique. Par contre ces deux formations, comme le nucléole, prennent le vert lumière utilisé comme colorant de fond.

Chez *Physa acuta*, le chromosome nucléoligène est légèrement rétréci et le pronucléole est toujours terminal. Mais le nucléole se sépare, beaucoup plus tardivement que chez les Lombriciens, du chromosome nucléoligène.

Les spermatocytes I de *Physa acuta* ont un pronucléole unique. Dans les spermatocytes II et les jeunes spermatides, le pronucléole s'observe difficilement; cela tient à la structure du noyau. Le nucléole des spermatides disparaît au début de la spermiogenèse au moment où le noyau se condense et devient pycnotique.

Il est probable que chromosome nucléoligène et pronucléole doivent exister chez un certain nombre d'animaux puisque nous les avons déjà trouvés dans deux embranchements différents : Vers et Mollusques.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Limites de résolution de l'œil en lumière monochromatique et applications à la vision instrumentale.* Note de M. **Albert Arnulf** et Mlle **Françoise Flamant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le tableau ci-après donne les valeurs de la limite de résolution spécifique de l'œil $\sigma = s\omega$, pour diverses valeurs de ω et de la longueur d'onde λ, s étant, en minutes d'arc, la limite de résolution angulaire de l'œil correspondant à un diamètre ω de sa pupille d'entrée, exprimé en millimètres.

L'objet est une mire de Foucault à pas décroissant (secteur de petit angle), de contraste 1, l'observateur repérant la limite de la plage grise dans laquelle les traits ne sont plus séparés. La variation du diamètre pupillaire ω est obtenue en plaçant devant l'œil des pupilles artificielles.

On a utilisé la lumière blanche, de température de couleur 2900° environ, et trois longueurs d'onde, rigoureusement exemptes de lumière parasite, isolées par la combinaison d'un monochromateur et de filtres. On a opéré en vision fovéale, à éclairement rétinien constant, contrôlé pour chaque λ et chaque ω par des égalisations photométriques visuelles.

Dans ces conditions, les luminances apparentes varient entre 0,3 et 0,7 nit suivant l'observateur, ce qui pour le contraste 1 et la vision fovéale n'affecte pas sensiblement les résultats. Ceux-ci sont relatifs à deux observateurs entraînés. On donne les résultats individuels pour $\omega = 4^{mm}$, la moyenne pour les autres pupilles (écarts entre observateurs, inférieurs à 0,1 en valeur relative pour 85 % des mesures).

							3,97.	
	ω(mm)	0,24.	0,53.	0,74.	0,95.	1,96.	A.	F.
λ(μ)	0,405	1,58	1,66	2,02	2,28	4,1	10,4	8,5
	0,546	1,93	2,15	2,20	2,43	4,2	8,9	8,8
	0,642	2,36	2,61	2,62	2,87	4,2	10,1	8,1
	blanc	2,09	2,40	2,43	2,44	4,2	10,4	9,2

1° Les courbes $\sigma = f(\omega)$ décroissent constamment et de plus en plus lentement avec ω, avec un minimum de σ très proche de l'abscisse $\omega = 0^{mm},24$. Il se trouve que la forme du test adopté réduit considérablement l'effet des images entoptiques.

2° Pour la pupille de 4^{mm}, les valeurs de σ varient peu avec λ mais ne se placent pas dans le même ordre pour divers observateurs. Les écarts en fonction de λ ne dépassent pas la précision des mesures pour $\omega = 2^{mm}$.

3° Pour $\omega < 1^{mm},5$ et pour tous les observateurs, σ décroît avec λ, d'autant plus que ω est plus petit.

4° Les valeurs de σ obtenues pour $\omega = 0^{mm},24$ se rapprochent beaucoup de celles que l'on peut calculer à partir de la distribution d'éclairements de l'image rétinienne due à la diffraction (1), (2), (3) et du seuil de contraste de l'œil. On a

$$\sigma = 1,22\lambda p, \qquad (1)$$

p étant une fonction de la forme et du contraste du test et du seuil de contraste de l'œil.

(1) NAGAOKA, *Phil. Mag.*, 5e série, vol. XLV, p. 1.

(2) *Rev. Opt.*, 17, 1938, p. 297.

(3) *La vision dans les instruments*, Paris, 1937, p. 46 et 63.

En admettant, pour la luminance utilisée, un seuil de contraste de 0,04 pour toutes les longueurs d'onde, on a, pour les mires de Foucault, $p = 0,86$. Nous prendrons pour la lumière blanche, d'après Ch. Lapicque ([2]), $\lambda_m = 0^{\mu},58$. On obtient ainsi :

$\lambda(\mu)$..................	0,405	0,546	0,642	blanc
Calculé................	1,45	1,96	2,32	2,08
Observé...............	1,58	1,93	2,36	2,09

La concordance obtenue justifie l'application de la formule (1) à d'autres brillances, d'autres tests et à des contrastes quelconques. Par exemple, pour le contraste 1, on aura $p = 0,021$ pour des tests en forme de ligne, $p = 0,21$ pour des disques circulaires.

Nous avons montré ([3]) que la limite de résolution linéaire T d'un instrument optiquement parfait, d'ouverture numérique objet $n \sin u$, de puissance P dioptries, est

$$T = \frac{\sigma}{2n \sin u}, \qquad \text{avec} \quad P = \frac{2n \sin u}{\omega}.$$

On a de même, pour la limite de résolution angulaire d'un instrument de grossissement angulaire G, de diamètre de pupille d'entrée Ω :

$$S = \frac{\sigma}{\Omega}, \qquad \text{avec} \quad G = \frac{\Omega}{\omega}.$$

Lorsque les valeurs de $n \sin u$ ou de Ω sont imposées, la valeur de T ou S, est minimum pour σ minimum, c'est-à-dire pour une valeur de P ou de G telle que ω soit voisin de $0^{mm},2$; σ étant alors donné par la formule (1), on voit bien l'avantage important obtenu par l'emploi de longueurs d'onde courtes.

Par contre, cet avantage diminue, puis disparaît, lorsque le grossissement diminue de manière que ω atteigne et dépasse 2^{mm}. Si, inversement, P ou G sont imposées, S et T varient comme s; les ouvertures $n \sin u$ ou Ω donnant la meilleure limite de résolution correspondent à des valeurs de ω voisines de 2^{mm}, pour lesquelles l'effet de la variation de λ reste faible.

A titre d'exemple, nous avons pu obtenir, en lumière bleue $\lambda = 0^{\mu}436$, avec un objectif d'ouverture numérique 1,30 et en éclairage central, la résolution très nette d'une préparation d'*amphipleura pellucida* (4000 traits/mm environ) montée au baume de Canada. La résolution n'est pas obtenue en lumière blanche avec un apochromatique ON = 1,40 et éclairage central, et seulement devinée en éclairage oblique. Le grossissement dans les deux cas était de 2500 environ, avec emploi d'une pupille tournante ([4]) pour éliminer les images entoptiques, rendue nécessaire par la disposition du test en stries parallèles.

([4]) A. Arnulf et O. Dupuy, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1057.

BIOLOGIE. — *Pœcilogonie, écologie et répartition géographique chez les Éphémères.* Note de Mlle **Marie-Louise Verrier**, transmise par M. Louis Fage.

La pœcilogonie convergente et divergente paraît très répandue chez les Éphémères. Les facteurs écologiques et la répartition géographique sont à retenir à côté des variations morphologiques. L'étude de ces facteurs peut apporter une contribution à la connaissance du déterminisme de la pœcilogonie.

Dans une Note précédente (1) j'ai signalé chez les Éphémères l'existence de la pœcilogonie que, jusqu'alors, on pouvait admettre comme l'apanage à peu près exclusif des Insectes à métamorphoses complètes (2). Je citais deux cas de pœcilogonie, l'un relevant d'*Oligoneuriella rhenana* Imhoff, l'autre de *Clœon dipterum* L.

Depuis, des recherches anatomiques et biologiques sur l'ensemble des Éphémères de la Faune française m'ont amenée à constater la multiplicité des cas de pœcilogonie dans ce groupe d'Insectes. Les cas de pœcilogonie convergente (larves très différentes donnant des adultes semblables) sont plus nombreux et plus démonstratifs que les cas de pœcilogonie divergente (larves semblables donnant des adultes différents). La pœcilogonie peut se manifester soit entre espèces de genres différents, soit entre espèces du même genre, soit entre individus de même espèce.

On sait que le déterminisme de la pœcilogonie n'est pas encore établi. Il semble cependant que l'étude comparée des conditions d'existence des espèces pœcilogoniques puisse apporter quelques données à la solution de ce problème.

En voici des exemples :

La larve de *Torleya belgica* Lest. est si différente de l'ensemble des larves d'Éphémères, tant par la forme générale de son corps, la position des branchies, la longueur des appendices, qu'avant même d'en connaître l'imago, Lestage s'était cru autorisé à créer pour elle un genre nouveau. Les imagos obtenus 7 ans plus tard par élevage se sont montrés tels, qu'il ne *paraissait pas possible que* Torleya *ne fut pas une* Ephemerella *typique* (3). Or, ces deux genres diffèrent non seulement par leur larve, mais aussi par leur biologie. En France, *Ephemerella ignita* a une répartition géographique très étendue. Elle a été signalée sur la presque totalité du territoire, à des altitudes très variables, de 0 à 1 500m. Elle s'accommode des habitats les plus divers, des eaux stagnantes aux torrents à eaux froides, très oxygénées et dans des zones où j'ai mesuré un courant de 1,50 m/sec. Par contre, on ne connaît actuellement en France qu'une dizaine de stations de *Torleya belgica* à des altitudes qui ne dépassent

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 577.
(2) A. Giard, *Bull. scientif. France-Belgique*, **39**, 1905, p. 153.
(3) A. Lestage, *Bull. et Ann. Soc. entom. Belgique*, **69**, 1929, p. 217.

pas 600m pour le Plateau central (Verrier, 1949) et 700m pour les Alpes (Dorier, 1937) (4), dans des habitats à caractères peu variables : cours d'eau peu profonds, à cours régulier, assez rapide (mais moins que pour *Ephemerella*, au maximum 0,60 m/sec, dans le Plateau central) et, en général, moyennement oxygénés. Le cycle du développement oppose aussi ces deux espèces : Les éclosions d'*Evhemerella ignita* s'échelonnent sans interruption de mai à septembre. Les imagos de *Torleya belgica* sont plus précoces. Ils apparaissent au début du printemps pendant 3 à 4 semaines, avant les imagos d'*Ephemerella ignita*.

Les *Clœon* et *Proclœon* présentent des faits du même ordre. Les larves sont très différentes par la forme des branchies, des cerques, des pièces buccales. Les imagos sont très difficiles à distinguer lorsqu'on ne connaît pas la larve dont ils proviennent. *Clœon dipterum* est très répandu. Toute pièce d'eau stagnante ou à courant très faible, pourvue de végétation aquatique, légèrement alcaline, de température et d'oxygénation peu variables au cours de l'année convient à cette espèce. Les *Proclœon* sont rares : en France, je ne connais leurs larves que dans quelques cours d'eau des Pyrénées-Orientales, de l'Hérault, des Alpes-Maritimes, près du littoral, où elles vivent une partie de l'année dans une eau très pauvre en oxygène dissous, et au moment des crues plus ou moins subites de ces rivières, vivent les conditions de la vie dans les torrents. Dans le Plateau central, on les trouve dans les lacs de cratère ou dans les lacs de barrage, dans des eaux le plus souvent froides et dont la teneur en oxygène dissous et le pH sont des plus variables. Toutes ces conditions paraissent ne pas convenir aux larves de *Clœon dipterum*. Les éclosions de *Clœon dipterum* s'échelonnent sans interruption d'avril à octobre. Par contre, il semble que les *Proclœon* du littoral méditerranéen aient deux générations, une au printemps, l'autre en automne. Les *Proclœon* des lacs d'Auvergne n'ont qu'une seule période d'éclosion, très courte, comprise généralement entre la mi-juillet et la mi-août.

L'un des meilleurs exemples de pœcilogonie entre espèces d'un même genre est fourni par *Ecdyonurus venosus* Fabr. et *Ecdyonurus forcipula* Pict. dont les larves fort différentes donnent des imagos impossibles à distinger si l'on n'en connaît pas l'orgine. Or, *E. venosus*, très répandu dans toutes les régions montagneuses de France, peut atteindre 2000m; dans les Pyrénées, (Bertrand et Verrier, 1949) (5), dans les eaux froides très oxygénées dont le courant peut atteindre 1,30 m/sec (station du Plateau central). *E. forcipula* n'est connu que dans le Jura et le Plateau central, où il ne dépasse pas 400m d'altitude, dans des eaux moins froides, moins oxygénées que celles où peut

(4) A. Dorier, *Trav. Ass. Int. Limn.*, 3, 1939, p. 33.

(5) *Bull. biol. France-Belgique*, 83, 1949, p. 1.

vivre *E. venosus* et à des vitesses de courant moins grandes (40 à 50 cm/sec au maximum).

J'ai retrouvé des faits comparables dans les groupes d'Éphémères les plus divers; les groupes *Siphlurus-Siphlurella*, *Habrophlebia-Paraleptophlebia-Leptophlebia*, *Ecdyonurus-Heptagenia* en fournissent des exemples, de même les *Bætis*, très polymorphes.

Ces faits tendent à montrer qu'à côté d'une pœcilogonie relevant de caractères anatomiques, il convient de tenir compte d'une pœcilogonie écologique et géographique chez les Éphémères.

BIOLOGIE. — *Effets de l'ovariotomie sur la gonade mâle de* Ciona intestinalis (*L.*). Note de M. **Jean-Marie Pérès**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

J'ai exposé récemment les résultats de l'ovariotomie totale ou partielle chez *Ciona intestinalis* ([1]). J'ai constaté, en outre, que cette opération a une incidence capitale sur la gonade mâle.

Lorsque, chez une *Ciona*, la gonade mâle approche de sa maturité (c'est le cas de la plupart des animaux opérés), les lobules testiculaires ne sont pas tous au même stade : certains ne renferment encore que des spermatogonies ou des spermatocytes, d'autres montrent déjà des spermatides qui, en ce début d'activité de la gonade, quittent tôt les lobules et gagnent les canaux testiculaires où se fait la spermiogenèse. Chez les individus parvenus à la pleine maturité génitale, au contraire, les éléments reproducteurs ne quittent les lobules qu'au stade de spermatozoïdes.

J'ai observé que, pendant la période de repos du testicule, il existe à la base du canal déférent, au sein de la petite cavité collectrice formée par la confluence des canaux testiculaires principaux, un véritable bouchon de cellules entassées et parfois même anastomosées par des prolongements cytoplasmiques. La plupart de ces cellules sont pourvues d'une grande vacuole, le plus souvent optiquement vide, rarement renfermant un amas sans affinités précises pour les colorants, sauf (à un faible degré d'ailleurs) pour le vert-lumière. Lorsque débute l'activité de la gonade mâle, on trouve quelques spermatides ou spermatozoïdes épars dans le bouchon de la cavité collectrice, lequel se poursuit d'ailleurs, quoique moins dense, sur toute la longueur du canal déférent. Ces cellules du bouchon proviennent non d'une immigration de cellules sanguines (je l'avais cru d'abord) mais de l'épithélium germinatif lui-même, qui les produit en grand nombre pendant sa période de repos. Leur aspect originel dans les lobules testiculaires est celui qui a été décrit ci-dessus, sauf que la plupart d'entre elles renferment alors un ou plusieurs des amas prenant faiblement le vert-lumière.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1616-1617.

Le premier résultat de l'ovariotomie totale est de provoquer, au plus tard dans les 24 à 48 heures qui suivent l'opération, l'évacuation du bouchon cellulaire primitif, sous la forme d'un long boudin cohérent. Cette expulsion est due à ce que la cavité collectrice de la base du canal déférent reçoit un nouvel afflux d'éléments cellulaires identiques, fournis également par l'épithélium testiculaire. Dès le 3e jour après l'opération et jusque vers le 8e jour environ, la cavité collectrice apparaît, à la dissection comme sur coupes, énorme et distendue par ce bouchon secondaire.

Dès l'ovariotomie, l'évolution des éléments reproducteurs mâles se trouve bloquée au stade atteint lors de l'opération. Ensuite se déroulent, simultanément et progressivement, à peu près du 4e au 10e jour, les phénomènes suivants :

1° vidage graduel des lobules testiculaires entraînant une diminution de leur taille moyenne;

2° modification de l'épithélium germinatif mâle consistant notamment en une diminution de la taille des noyaux accompagnée d'une perte de basophilie et d'un aplatissement de l'épithélium lui-même;

3° production par cet épithélium de cellules stériles du type de celles qui forment le bouchon, tandis que la production de spermatogonies paraît arrêtée;

4° phagocytose, par les cellules stériles, des spermatozoïdes et des spermatides et, quoique de façon moins générale, des spermatocytes, tandis que les spermatogonies sont éliminées directement sans phagocytose.

Vers le 12e-15e jour en moyenne, cette involution des testicules est achevée. Ceux-ci dont le diamètre dépasse alors à peine celui des canalicules testiculaires, ne renferment plus que de très rares spermatogonies très peu basophiles; leur épithélium, lui aussi très peu basophile, est remarquablement aplati. La cavité collectrice du canal déférent finit par se vider de son bouchon secondaire, et apparaît encore dilatée, mais vide. En même temps qu'a lieu cette dégénérescence totale des testicules, les lacunes du conjonctif avoisinant le tube digestif, normalement bourrées d'éléments sanguins, sont à peu près complètement désertées par eux.

Lorsque l'ovariotomie a été incomplète, le testicule commence par subir la même involution qu'après l'ovariotomie totale. Mais vers le 10e jour, la régénération du fragment d'ovaire laissé en place est suffisante pour que l'involution fasse place à une nouvelle évolution. Dès le 14e jour environ, les lobules testiculaires, encore très petits parce que complètement vidés dans les jours précédents, montrent à nouveau un épithélium élevé et très basophile, et des spermatogonies d'aspect normal. Vers le 25e jour, les testicules ont repris leur volume normal, tandis qu'on y voit se dérouler les mitoses de maturation.

L'involution du testicule consécutive à l'ovariotomie suggère évidemment l'existence entre les deux gonades d'un lien endocrinien. Il est logique de sup-

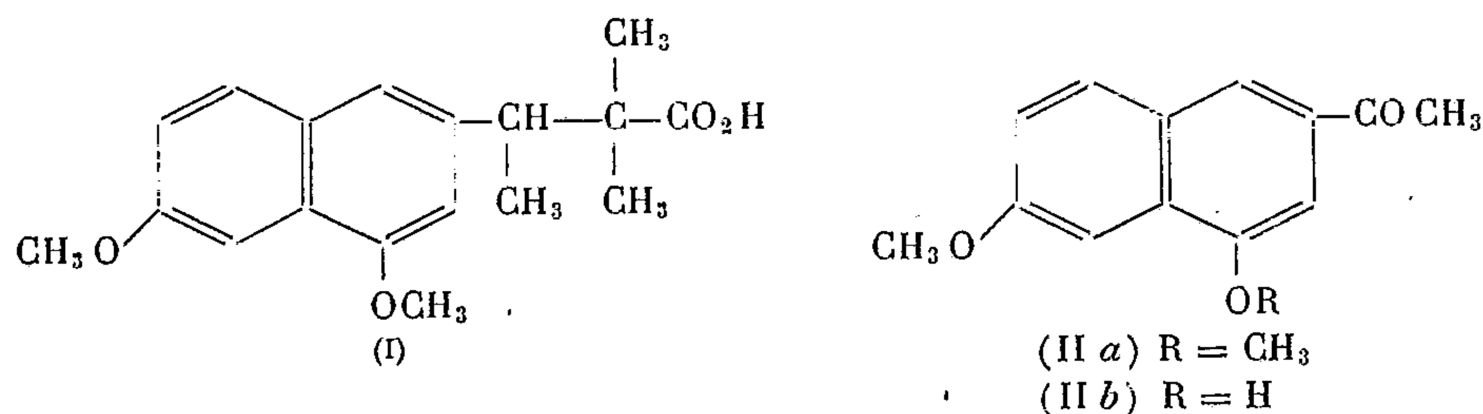
poser qu'il existerait une hormone ovarienne dont une certaine concentration dans l'hémolymphe serait nécessaire à l'évolution normale de la gonade mâle. Les expériences d'implantation d'ovaire et d'injections d'extraits ovariens que j'entreprends confirmeront ou infirmeront le bien-fondé de cette hypothèse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Structure moléculaire et activité œstrogène : acide αα diméthyl β (diméthoxy-4.6 naphtyl-2) butyrique.* Note de M. **Jean Jacques**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide αα diméthyl β (diméthoxy-4.6 naphtyl-2) butyrique (I) n'est pas œstrogène sur la rate castrée à la dose de 100γ. Cet acide est préparé à partir du diméthoxy-4.6 acétyl-2 naphtalène, lui-même obtenu à partir du méthoxy-6 acétyl-2 naphtol-4. Ce dernier composé, ainsi que l'acide β-anisylidène lévulique dont il dérive par cyclisation ont déjà été décrits : on montre que la description qui en est faite doit être révisée.

L'étude systématique des dérivés de l'acide allénolique [acide (hydroxy-6 naphtyl-2) β propionique] (1) peut porter d'une part sur les modifications de la chaîne aliphatique, d'autre part sur celles du noyau naphtalénique lui-même. La présente Note, qui décrit la préparation de l'acide αα diméthyl β (diméthoxy-4.6 naphtyl-2) butyrique (I), apporte une contribution supplémentaire au problème des relations entre la structure et l'activité œstrogène; ce problème peut gagner en clarté que par l'accumulation de données expérimentales aussi variées que possible.

L'acide (I) ne diffère en effet de l'éther méthylique de l'acide ααβ triméthyl allénolique (actif sur la rate castrée à la dose de 10γ) que par l'adjonction d'un groupement méthoxyle en 4; de l'analyse biologique préliminaire faite par R. Courrier, il apparaît que cette seule modification abaisse considérablement le pouvoir œstrogène, puisque le corps (I) est encore inactif à la dose de 100γ.



La matière première de la synthèse de ce composé, effectuée suivant une des méthodes générales de préparation des corps de cette série (2), est le diméthoxy-4.6 acétyl-2 naphtalène (II *a*), lui-même obtenu par méthylation

(1) Courrier, Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1401.

(2) Jacques et Horeau, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 711.

du méthoxy-6 acétyl-2 naphtol-4 (II *b*). Ce dernier a été décrit par Sen et Roy ([3]) qui l'obtiennent par cyclisation de l'acide β-anisylidène lévulique : nos résultats, quant aux constantes de ces deux composés, ne correspondent en rien aux données des auteurs hindous.

Nous préparons l'acide β-anisylidène lévulique par condensation de l'anisaldéhyde et de l'acide lévulique en présence de traces d'acide chlorhydrique commercial. Après une dizaine de jours à la température ordinaire, on l'obtient avec un rendement d'environ 25 % : aiguilles incolores F 142°, alors que Sen et Roy indiquent F 58°, aiguilles rouges hygroscopiques.

Soumis à une distillation rapide à la pression ordinaire, cet acide se cyclise en (II *b*), F 192°, fines aiguilles jaunes (Sen et Roy : F 164°, poudre rouge brique).

Outre que la coloration de nos produits est plus conforme aux prévisions (les acides α- et δ-anisylidène lévuliques sont incolores, l'acétyl-1 naphtol-3 à peine jaune), la méthylation de (II *b*) en (II *a*) s'effectue classiquement; par ailleurs le diméthoxy-4.6 acétyl-2 naphtalène obtenu, F 113-114°, fournit une oxime F 183-184°. Tous nos résultats analytiques coïncident avec la théorie.

Le diméthoxy-4.6 acétyl-2 naphtalène réagit, selon Reformatzky, avec le bromoisobutyrate d'éthyle pour donner, sans qu'il soit nécessaire d'isoler les termes intermédiaires de la réaction, un acide éthylénique F 116° ($C_{18}H_{20}O_4$: calculé %, C 72,0; H 6,7; trouvé % C 71,9; H 6,6), dont le sel de sodium est hydrogéné par le Ni Raney en acide cherché (I), F 124-125°, cristaux très électrisables à la moindre friction ($C_{18}H_{22}O_4$: calculé %, C 71,5; H 7,3; trouvé %, C 71,6; H 7,1).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la spécificité de la thrombine, formée après conversion de la prothrombine en présence d'une thromboplastine hétérologue.* Note (*) de M. **Mejer Burstein**, transmise par M. Léon Binet.

Il est démontré que la thrombine présente certains caractères de spécificité liés au groupe (Mammifères, Oiseaux). Ainsi une thrombine d'origine humaine coagule le plasma citraté des Mammifères en 4 secondes et celui de l'Oie en 15 secondes ($0^{cm^3},2$ plasma + $0^{cm^3},1$ thrombine à 20°). La thrombine homologue est donc plus active que la thrombine hétérologue. Il en est de même en ce qui concerne la thromboplastine tissulaire; en effet, les extraits des tissus de Mammifères convertissent moins vite la prothrombine des Oiseaux que celle des Mammifères et *vice versa* ([1]).

([3]) *J. Indian Chem. Soc.*, 7, 1930, p. 401; *Chem. Zent.*, 2, 1930, p. 2126.

(*) Séance du 3 avril 1950.

([1]) A. J. Quick, *Amer. J. Phys.*, 132, 1941, p. 239.

On pouvait donc se demander dans quelle mesure la spécificité de la thrombine était liée à la nature de la thromboplastine qui a pris part dans l'activation de la prothrombine.

Le mode d'action de la thromboplastine a donné lieu à diverses interprétations. Pour les uns, cette action est purement catalytique. Ainsi, d'après Chargaff ([2]), la thromboplastine n'est ni consommée, ni modifiée au cours de la formation de la thrombine. Pour d'autres, il se forme une combinaison chimique entre la prothrombine et la thromboplastine. D'après Quick ([3]), en particulier, la prothrombine se combine à la thromboplastine suivant les lois stoïchiométriques.

Si l'on accepte cette deuxième hypothèse, les caractères de la thrombine peuvent dépendre, *a priori*, aussi bien de la prothrombine que de la thromboplastine. Pour préciser si la spécifité de la thrombine était liée à la thromboplastine utilisée, nous avons préparé à partir du plasma citraté humain une prothrombine que nous avons activée, après recalcification, soit en présence d'extrait de cerveau de Lapin (thromboplastine de Mammifère), soit en présence d'extrait de cerveau d'Oie (thromboplastine d'Oiseau).

La prothrombine a été préparée par la méthode de précipitation en milieu faiblement acide de Mellanby ([4]). Nous avons utilisé un plasma obtenu à partir d'un sang citraté à 4 °/₀₀, prélevé dans des tubes siliconés, et fortement centrifugé (30 minutes à 6000 tours). Un tel plasma est très pauvre en thromboplastine, et ceci permet d'obtenir une prothrombine qui a peu de tendance à se convertir spontanément en thrombine en présence du calcium. Cette conversion est fortement accélérée après addition de thromboplastine, quelle que soit son origine (Mammifères, Oiseaux). Il est donc certain que même une thromboplastine hétérologue accélère beaucoup la thrombino-formation.

Or, il résulte de nos expériences que les deux thromboplastines donnent naissance à une thrombine qui présente les mêmes caractères de spécificité, à savoir qu'elle coagule plus vite le plasma des Mammifères que celui des Oiseaux.

Voici une expérience à titre d'exemple :

On prépare trois tubes contenant chacun 2^{cm^3} de prothrombine et $0^{cm^3},4$ de Cl_2Ca 0,025 M. Au premier tube on ajoute $0^{cm^3},5$ d'extrait de cerveau de Lapin, au deuxième $0^{cm^3},5$ d'extrait de cerveau d'Oie, et au troisième $0^{cm^3},5$ de ClNa à 8 °/₀₀. Dans les deux premiers tubes la coagulation se fait en quelques minutes (la solution de prothrombine contient du fibrinogène), dans le troisième le liquide reste incoagulable au bout d'une heure. Pour déceler la présence de thrombine, on ajoute $0^{cm^3},1$ du contenu de chacun des trois tubes à $0^{cm^3},2$ de

([2]) *J. Biol. Chem.*, 173, 1948, p. 263.

([3]) *Amer. J. Med. Sci.*, 214, 1947, p. 273.

([4]) *Proc. Roy. Soc., London*, B, 107, 1931, p. 271.

plasma citraté ($4\,^0/_{00}$), soit humain, soit d'Oie. L'expérience montre que le liquide prélevé dans les deux premiers tubes au bout de 15 minutes, coagule le plasma humain en 6 secondes et celui d'Oie en 19 secondes. Le troisième tube est à ce moment exempt de thrombine; ce n'est qu'au bout de 2 heures que le liquide du troisième tube coagule le plasma humain en 30 secondes. Il en résulte que la thromboplastine d'Oie convertit la prothrombine humaine en thrombine et que cette dernière présente les mêmes caractères que la thrombine formée en présence de thromboplastine des Mammifères. En effet, dans les deux cas, la thrombine coagule le plasma humain plus vite que celui d'Oie.

En résumé, quel que soit le mode d'action de la thromboplastine, les caractères de spécificité de la thrombine sont indépendants de la thromboplastine utilisée. Ces caractères ne peuvent donc s'expliquer qu'en admettant le caractère spécifique de la prothrombine.

Conclusions. — Les essais d'activation de la prothrombine humaine en présence de thromboplastine de Mammifère et de thromboplastine d'Oiseau ont montré que les caractères de spécificité de la thrombine sont indépendants de la thromboplastine utilisée.

Dans les deux cas, la thrombine formée coagule plus vite le plasma des Mammifères que celui des Oiseaux. La non-identité de la thrombine des Mammifères et de celle des Oiseaux ne peut donc s'expliquer que par des caractères spécifiques de la prothrombine.

IMMUNOLOGIE. — *Un nouveau test de physio-pathologie : la fiche réticulo-endothéliale*. Note (*) de M. **Georges Sandor**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les variations de solubilité des protéides sériques en fonction du pH à des forces ioniques déterminées sont remarquablement constantes à l'état normal. Dans certains états pathologiques les diagrammes de solubilité se déplacent vers la région alcaline et dans d'autres vers la région acide. Il est très probable que ces modifications dépendent de l'état du système réticulo-endothélial, producteur du plasma sanguin.

Nous avons montré antérieurement l'importance immunologique des euglobulines sériques ([1]). Il était à prévoir, dès lors, que leur étude serait intéressante du point de vue de la physio-pathologie, en général. Dans une précédente Communication nous avons montré la manière dont elles pouvaient être représentées par des diagrammes dans le cas du sérum humain ([2]). Depuis, sur une cinquantaine de sérums humains normaux et pathologiques, nous avons établi les limites des variations physiologiques et nous pouvons présenter ces

(*) Séance du 8 mai 1950.

([1]) G. Sandor et M. Bessis, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 962; G. Sandor, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 378; **228**, 1949, p. 282.

diagrammes, accompagnés de quelques données quantitatives, comme un nouveau test de physio-pathologie de valeurs pronostique et diagnostique indiscutables.

Pour les détails techniques nous renvoyons à notre Communication (²) et à un Mémoire qui va suivre. Il s'agit d'établir les variations de la solubilité des protéides sériques en fonction du pH en présence d'une force ionique faible, mais déterminée et à partir d'un pH de départ légèrement alcalin, lui-même défini (²). Les conditions du départ sont obtenues par dialyse du sérum contre une solution de phosphate de molarité et de pH donnés, suivie de dilution dans l'eau distillée (²). Déjà pendant la dialyse préliminaire, une fraction protéidique précipite. Nous l'avons appelée euglobuline I_1 et son taux constitue une donnée indépendante.

Pour pouvoir comparer les diagrammes, nous les avons exprimés présentement en *quantités précipitées pour cent du précipité total.* Cela présente encore l'avantage d'éliminer les facteurs de variations de l'hydratation plasmatique qui ne nous intéressent que secondairement. Il est utile, cependant, de représenter le taux total des euglobulines qui donne ainsi un nouveau paramètre.

Les limites des variations physiologiques sont les suivantes : 1° euglobuline I_1 : $\leqq 0,6$ ‰; 2° euglobulines totales : 6,5 à 9 ‰; 3° diagramme : pH 7,2 : 8 à 16 %; pH 7 : 15 à 30 %; pH 6,6 : 40 à 55 %; pH 6 : 65 à 80 % (ce qui se lit : à pH 7,2, au moins 8 % et au maximum 16 % des euglobulines totales sont précipitées et ainsi de suite). Les données diagrammatiques normales définissent, en réalité, une bandelette sur la surface : (Eu/Eu totales). $100 \equiv f(\mathrm{pH})$. Comme, d'autre part, les courbes sont fortement accidentées (²), il ne faut pas se tenir rigidement aux données numériques, mais bien plus à l'impression d'ensemble que donne la courbe par rapport à la bandelette que définit la normalité. A titre d'exemple nous donnons le cas de *Dul* (épiphysite vertébrale) dont le diagramme, tout en dépassant par endroit la normalité, a une allure absolument normale (*fig.* 1). *Lob* (saturnisme), par contre, dont le diagramme ne dépasse la normalité que vers la région relativement alcaline, présente un cas franchement pathologique (*fig.* 2).

Nos études ont porté sur les cas pathologiques les plus variés (amylose, hépatite, pneumonie, bronchopneumonie, maladies rhumatismales, fièvre typhoïde, néphrite, etc.). Grossièrement et en première approximation deux types de variations peuvent être définis :

a. Le déplacement du diagramme vers la région alcaline dont les cas extrêmes sont présentés par des convalescents de fièvre typhoïde (*fig.* 3), mais que nous retrouvons encore dans la glomérulonéphrite évolutive et dans certaines anémies plastiques;

(²) G. SANDOR et L. CEDDAHA, *Bulletin de la Société de Chimie biologique*, 31, 1949, p. 1525.

b. Le déplacement du diagramme vers la région acide dont les cas extrêmes sont la phase terminale du mal de Bright (l'hypertension maligne) et l'infarctus du myocarde (*fig*. 4).

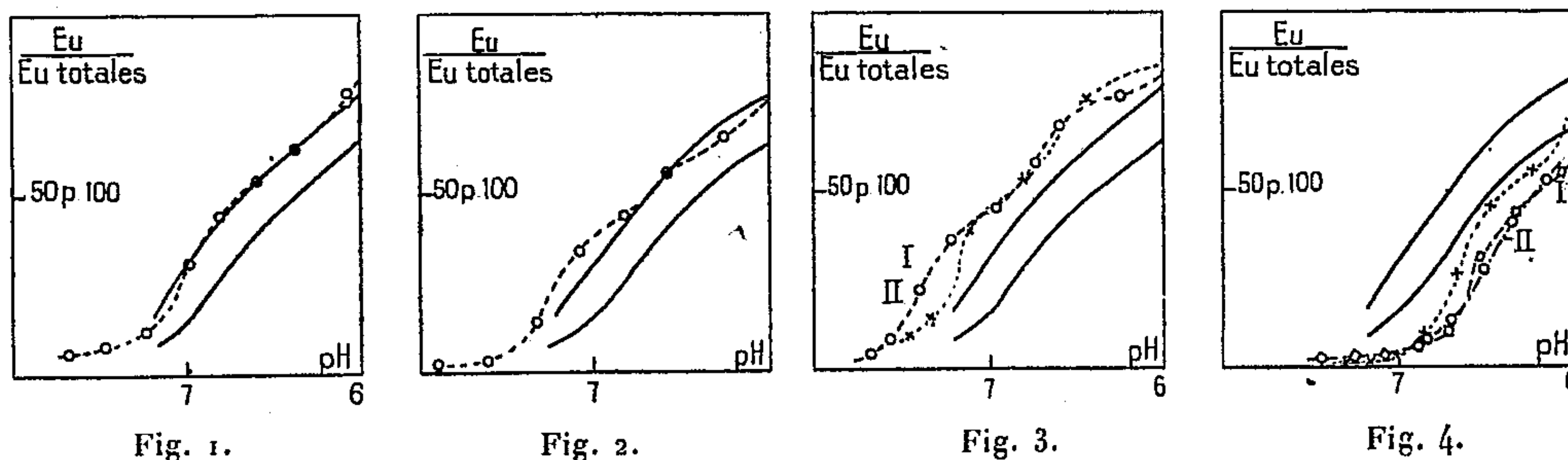


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 1. — Diagramme de Dul (rhumatisme vertébral). En traits pleins sont indiquées les limites des variations physiologiqnes.

Fig. 2. — Diagramme de Lob (saturnisme).

Fig. 3. — I = Mam (convalescent de fièvre typhoïde); II = Faub (convalescent de fièvre typhoïde).

Fig. 4. — I = Cou (néphrite chronique, phase terminale); II = Aur (infarctus du myocarde); III = Lec (infarctus du myocarde)

Nous réservons pour l'avenir l'interprétation théorique plus détaillée de ces données. Mentionnons simplement pour le moment qu'elles paraissent être déterminées essentiellement par la composition intime des γ-globulines. Ces éléments, les plus variables et les plus vivants des systèmes globuliniques, enregistrent par suite avec le plus de sensibilité les modifications des systèmes qui les produisent. Aussi, par l'ensemble des données fournies par les diagrammes, du taux de l'euglobuline I_1 et de celui des euglobulines totales, il nous semble possible de donner une véritable fiche réticulo-endothétiale d'un sujet.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Test d'hypersensibilité à l'antigène de la fièvre Q chez des sujets d'Oubanghi-Chari (Afrique équatoriale française) ayant présenté une affection exanthématique s'accompagnant d'adénopathies et de signes de stase pulmonaire*. Note (*) de MM. **Paul Giroud** et **Paul Le Gac**, présentée par M. Émile Roubaud.

A la suite d'une fièvre de 4 à 7 jours s'accompagnant d'exanthème, d'adénopathie et de congestion des bases pulmonaires, nous avons pu mettre en évidence une réaction d'hypersensibilité positive à l'antigène de *R. burneti*, chez des sujets d'Oubanghi-Chari.

En 1921, Clapier a décrit à Bangui une affection caractérisée par une hyperthermie, un exanthème et une adénopathie, à laquelle Lefrou a donné le nom

(*) Séance du 3 mai 1950.

de *fièvre rouge congolaise*. Ce syndrôme devait créer par la suite une confusion des plus regrettables, non seulement dans la pathologie du bassin congolais, mais également dans celle de l'Ouest africain. On l'a rattaché successivement à la dengue (Legendre), au typhus murin (Jadin) et à la fièvre boutonneuse. Seule l'opinion de Jadin s'appuyait sur une expérimentation indiscutable.

L'un de nous (Le Gac) étudiait en Oubanghi ce syndrôme depuis 1938 et cherchait à en élucider la cause.

Coup sur coup, en février 1949, il était isolé sur cobayes trois souches de *R. burneti*, à partir du sang de sujets présentant un tel syndrôme.

Une de ces souches, peu de temps après son isolement, provoquait chez le Singe une maladie fébrile, avec un exanthème punctiforme, qui n'avait pas été constaté jusqu'à ce jour avec de tels antigènes.

Le peu d'agglutinabilité de nos souches à cette époque, nous avait empêché de constater l'existence d'anticorps agglutinants. Aussi avons-nous recherché si un test clinique ne pouvait pas confirmer ces constatations et nous avons utilisé le test d'hypersensibilité que l'un de nous (Giroud) avait proposé pour le diagnostic rétrospectif des rickettsioses.

L'antigène que nous avons utilisé est préparé soit à partir de membranes vittellines de l'œuf, soit avec les organes de rats ou de cobayes infectés expérimentalement.

Après broyage, ces produits sont agités dans un liquide non miscible, suivant la technique que l'un de nous a publiée en 1943 avec M. L. Giroud et M. Meunier. L'antigène doit être dilué de façon à ne pas provoquer de tests positifs chez les sujets témoins ne vivant pas en régions contaminées. Généralement, pour obtenir un tel résultat, une membrane allantoïdienne doit être diluée dans 60^{cm^3} de liquide tampon. La présence de formol à 2 % dans la solution mère permet la conservation de l'antigène.

Des injections intradermiques de $0^{cm^3},1$ d'antigène ont été pratiquées chez des Européens, de 15 jours à 1 an après l'évolution de la maladie.

Celles-ci étaient notées de la façon suivante : le diamètre de la réaction était évalué en millimètres, le plissement de la peau donnait une appréciation de la hauteur de la lésion. Leur maximum était de 40^{mm} de diamètre et de 15^{mm} au plissement. *Neuf sujets* ayant reçu $0^{cm^3},1$ d'antigène intradermique, moins de six mois après la fin de la maladie, *présentaient une réaction positive*. Par contre, quatre autres ayant contracté cette affection un an auparavant n'ont fait aucune réaction.

Ces tests peuvent parfois manquer. Nous l'avons vu chez un sujet, qui, au lieu de présenter une réaction locale, présentait des symptômes généraux : fièvre, sueurs, vomissements, angoisse. Un autre, présente, quelques jours après sa maladie, de l'hyperthermie avec gêne respiratoire, etc., en même temps que disparaît la réaction locale.

D'autre part, nous avons déjà insisté sur l'importance du facteur individuel dans les réactions allergiques. Des hommes surmenés amaigris, intempérants, réagissent peu ou pas localement. Les quatre sujets négatifs rentrent dans cette catégorie.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser la liste de candidats à la place vacante, dans la Division des Membres non résidants par le décès de M. *René Maire*, présente la liste suivante :

En première ligne	M. **Émile Guyénot**.
En seconde ligne	M. **Pierre Teilhard de Chardin**.
En troisième ligne	M. **Georges Denigès**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h 25^m$.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'avril 1950 (*suite*).

Reaction of boric acid with Polysaccharidis, by Hans Deuel, H. Neukom, F. Weber, in *Nature*. Vol. CLXI, 1948 ; 1 feuille $21^{cm},5$.

Über die Reaktion von Borsäure und Borax mit Polysacchariden un anderen hochmolekularen Polyxy-Verbindungen, von Hans Deuel und H. Neukom. Extrait de *Die Makromoleculare Chemie*. Bd 3, 1949 ; 1 fasc. $23^{cm},5$.

Über die Peptisation und Koagulation von Sesquioxy-Hydratgelen und-Solen, von Heinrich Schweizer. Zürich, Neographik, 1949 ; 1 fasc. 21^{cm}.

Über die Verteilung und den Chemismus den Humusstoffe in den Profilen einiger schweizerischer Bodentypen, von André Schmuziger, 1935 ; 1 vol. $22^{cm},5$.

Über den Basenumstausch an Kasein, von ERNST GRAF. Dresden und Leipzig, 1937; 1 vol. 23cm,5.

Beitrag zur Kenntnis der Vorgänge bei der biologischen Abwasserreinigung durch Hochleistungstropfkörper, von THEODOR E. LANZ. Zürich, 1937; 1 vol. 22cm,5.

Zur Kenntnis der kolloidchemischen Eigenschaften des Humus, von HOSSEIN ZADMARD. Dresden und Leipzig, 1939; 1 fasc. 23cm,5.

Beitrag zur Kenntnis der quantitativen Flammenspektroskopie, von A. HASLER; 1 fasc. 23cm.

Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie, von HANS PALLMANN, F. RICHARD und R. BACH. Zürich, Xe Congrès 1948 des Internationalen Verbandes forstlicher Versuelsanstalten; 1 fasc. 24cm.

Pédologie et Phytosociologie. Conférence donnée au Congrès international de pédologie de Montpellier, 3 mai 1947, par HANS PALLMANN; 1 fasc. 24cm.

Der Apfeltrester als Rohstoff für die Pektinfabrikation, von HANS PALLMANN, F. WEBER und HANS DEUEL; 1 fasc. 24cm,5.

Extraits de *Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte*; Heft 11, 1936 : *Die Probleme der Düngung in der Landwirtschaft, mit besonderer Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Verwertung von Abwasser und ausgesaultem Schlamm*, von HANS PALLMANN; Heft 5, 1939 : *Einige Resultate der Futterstock-Antersuchungen in der Versuchsanlage Rotzberg bei Kempttal*, von HANS PALLMANN und O. DÖNZ; *Die Böden des Gutsbetriebes Rotzberg bei Kempttal*, von HANS PALLMANN; Heft 3, 1941 : *Der Vitamin C-gehalt verschiedener Wiesenpflanzen des waschsenden Emdes und des Dürrfutters verschiedenen Gärungszustandes*, von KARL HÜNI; Heft 9, 1945 : *Der Wärmehaushalt und die Kontrolle überhitzter Futterstöcke zur diagnose der Selbsten Zündung von Dürrfutter-und Getreidestöcken*, von HANS PALLMANN, KARL HÜNI und O. DÖNZ. 6 fasc. 24cm,5.

Extraits de *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft*, Bd 41, heft 1 : *Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes in Böden*, von HANS PALLMANN und L. ZOBRIST; 1943, Bd 53 A : *Die Filtrationsverlagerungen hochdisperser Verwitterungsprodukte im Bodenprofil einiger Glieder der schweizerischen Braunerdeserie*, von HANS PALLMANN, E. FREI und H. HAMDI; 2 fasc. 23cm.

Extraits de *Verhandlungen der Schweizer. Naturforschen den Gesellschaft*, Solothurn 1936 : *Zur physikalischen Chemie der Kolloide insbesondere der Eiweisskörper*, von HANS PALLMANN; St Gallen 1948 : *Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie*, von HANS PALLMANN; 2 fasc. 23cm.

Zur physikalischen Chemie der Kolloide insbesondere der Eiweisskörper, von HANS

Der Boden, von HANS DEUEL, in *Schweiz. Zeitschrift für Pilzkunde*, 1941, nos 7-8; 1 feuillet 25cm.

Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte; 1934 : *Uber die Geschichtliche entwicklung der Bodenkunde*; 1942 : *Grundzüge der Bodenbildung*, von HANS PALLMANN. Zürich, 2 fasc. 24cm,5.

Bodenkundliche Forschungen. Bd 6, 1938 : *Uber starre und elastiche Umtauschkörper*, von HANS PALLMANN. Bd 7, 1940 : *Prinzip einer neuen Temperaturmessung für ökologische oder bodenkundliche Untersuchungen*, von HANS PALLMANN, E. EICHENBERGER, A. HASLER; 2 fasc. 25cm.

Über den Suspensionseffekt, von G. WIEGNER, und HANS PALLMANN, in *Ergebnisse der Agrikulturchemie*. Bd 2, s. d.; 1 fasc. 23cm.

Landwirte! Achtet auf euere Futterstöcke! von MAURER und O. MOESCH; 1 fasc. 21cm.

Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Oberengadin mit besonderer Berücksichtigung der Zwergstrauchgesellschaften der Ordnung Rhodoreto-vaccinietalia, von HANS PALLMANN und P. HAFFTER. Bern, 1933; 1 fasc. 23cm.

Paul Joachim Haffter-Bryner (1869-1946); *Max Düggeli* (1878-1946), von HANS PALLMANN; 2 fasc. 23cm.

Die Ernährung des Pflanze, von HANS PALLMANN. Berlin, 1934; 1 fasc. 30cm.

Tierwelt, 1936, n° 6 *: Biologisch-chemische Betrachtungen zur Versätterung von Sägespäner an Kaninchen;* N° 15 : *Was berichten die praktiker über die Bersätterung von Sägemehl an Kaninchen*, von HANS PALLMAN; 2 feuillets 23cm.

Über die Aktivität der Pektinase, von HANS PALLMANN, J. MATUS, HANS DEUEL, F. WEBER; 1 feuillet 23cm.

Übersicht über die Chemie und Physik der Pektinstoffe und Besprechung der neueren Literatur 1937-1946, von HANS PALLMANN und HANS DEUEL, in *Chimia;* 1 fasc. 29cm,5.

Zur Physikalischen chemie des Bodens, von HANS PALLMANN. Zürich, 1938; 1 fasc. 31cm.

Die Übergärung, Überhitzung und Selbstentzündung des Dürrfutters, von HANS PALLMANN und O. DÖNZ. Zürich, 1939; 1 fasc. 21cm.

Die Übergärung und Überhitzung der Dürrfutterstöcke; 1 feuille 29cm,5.

Kolloid Zeitschrift. Bd 95, 1941 : *Zur Kenntnis der kolloidchemischen Eigenschaften des Humus*, von ERNST JUNKER. Bd 101, 1942 : *Dispersoidchemische Probleme in der Humusforschung*, von HANS PALLMANN; 2 fasc. 27cm.

Nährboden und Landesplanung, von HANS PALLMANN, in *E. T. H. Tagung für Landesplanung*, 1942 ; 1 feuillet 30cm.

Beitrag zur Kenntnis der Lokalklimate einiger Kennzeichnender Waldgesellschaften des Schweizerischen Nationalparkes, von HANS PALLMANN und E. FREI, in *Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen des schweizerischen Nationalparkes*. Bd 1, 1943; 1 fasc. 24cm,5.

Untersuchungen über die Stabilität von Pektin in saurer, wässriger Lösung, von PALLMANN, in *Schweizerischen Medizinischen Wochenschrift*, 1937, n° 24 ; 1 fasc. 23cm.

Uber Wasserstoff-und Hydroxylschwarmionen um suspendierte Teilchen und dispergierte. Ultramikronen, von GEORG WIEGNER und HANS PALLMANN. Extrait de *Verhandlungen der zweiten Kommission und der Alkali-Subkommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft*. Budapest, 1929; 1 fasc. 24cm,5.

Dokumente zur Erforschung des Schweiz. Nationalparkes (1931). *Vegetations entwicklung im Schweizer. Nationalpark*, von S. BRUNIES, ED. CAMPELL, ED. FREY, H. JENNY, CH. MEYLAN, HANS PALLMANN; 1 fasc. 23cm.

Über Hydratation und Quellung, von HANS PALLMANN. Zürich, 1931; 1 fasc. 24cm.

Über den Suspensioneffekt, von G. WIEGNER, HANS PALLMANN, A. MUSIEROWICZ, J. ABAREDA. Poznan, 1932; 1 fasc. 24cm,5 (en langue polonaise).

Mitteilung aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygien. Bd Vol. XXIV, 1933 : *Die Bodentypen der Schweiz*, von HANS PALLMANN; Bd Vol. XXXI, 1940 : *Zue Methodik der quantitaviven Flammenspektroskopie*, von HANS PALLMANN, A. HASLER. Bern; 2 fasc. 24cm.

Station internationale de géobotanique méditerranéenne et alpine : Zusammenberg zwischen der aktuellen Aziditat, dem Gesamthumus und dem Gehalte au dispergierbarem Humus, von HANS PALLMANN. Zürich, s. d.; 1 feuille 24cm.

Georg Wiegner (1883-1936) *mitglied der Gesellschaft seit* 1913, von HANS SCHINZ. Zürich, 1936; 1 fasc. 24cm.

Id. — von HANS PALLMANN, in *Kolloid-Zeitschrift*. Bd 77, 1936; 1 feuille 27cm.

Das Lehr-und Demonstrationsgut Rossberg-Kempttal. Extrait de *Bildernummer der Schweizlandw. Zeitschrift*, 1938; 1 fasc. 22cm.

Neuer methoden zur bestimmung der organischen Substanz im Boden, von HANS PALLMANN. Extrait de *Verhandlungen der zweiten Kommission und der alkali-subkommission der internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 1938; 1 feuille 24cm,5.

Beitrag zur Kenntnis der alpinen Eisen-und Humuspodsole, von HANS PALLMANN, A. HASLER, A. SCHMUZIGER, in *Bodenkunde und Pflanzenernährung*, 1938; 1 fasc. 20cm,5.

Zur Kolloidchemischen kenntnis der Humustoffe, von HANS PALLMANN, A. HASLER, M. HAMDI, in *Annales de la Faculté d'Agronomie de Bucarest*. Vol. I, 1939-1940. Bucarest, Imprimerie nationale, 1940; 1 fasc. 24cm,5.

Eine neue Methode der Temperaturmessung bei ökologischen oder bodenkundlichen, Untersuchungen, von HANS PALLMANN, E. EICHENBERGER, A. HASLER. Extrait de *Berichte der Schweiz. Botanis. Gesellschaft*, 1940. Bd 504. Bern, Büchler & Cº; 1 fasc. 23cm.

Extraits de *Schweiz. Zeitschrift für Fortwesen*, nos 4-5, 1941 : *Das Holz als landeseigener chemischer Rohstoff*, von HANS PALLMANN, H. SIEGRIST; *Bodenkundliche Bemerkungen zur Rodunsfrage mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im schweizerischen Mitteland*, von HANS PALLMANN und F. RICHARD; Nº 4, 1934 : *Die Bodensäure ihre Entstehung und Wirkung ihre Ermittlung und Beseitigung*, von R. HERRMANN. Bern, Büchler & Cº; 3 fasc. 23cm.

(*à suivre*).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MAI 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 31 mai au lieu du lundi 29.

Notice nécrologique sur ÉMILE JEANBRAU,
par M. **Henri Hartmann**.

Émile Jeanbrau est né le 1er octobre 1873 dans le Gard, à Alais. Il fit ses études médicales à Montpellier. Interne des Hôpitaux en 1896, il eut pour maîtres, en médecine, Grasset et Rouzier, en chirurgie, Forgue, Truc et Estor. Il fut nommé agrégé en 1920. Les maladies des voies urinaires l'intéressant, il vint à Paris travailler dans les services de Guyon et d'Albarran. Il n'abandonna toutefois pas la chirurgie générale. Une loi ayant paru en 1898 sur les accidents du travail, Jeanbrau fit sur cette question une série de conférences, puis publia avec son maître Forgue, un Guide du Médecin dans les accidents du travail, ouvrage qui eut plusieurs éditions. Toujours en collaboration avec Forgue, il écrivit un article sur les plaies par armes à feu de l'estomac. Avec Ombredanne et Nové-Josserand, il publia une chirurgie réparatrice et orthopédique, il fut plusieurs fois désigné comme rapporteur au Congrès français de Chirurgie.

C'est toutefois aux questions de chirurgie urinaire qu'il s'intéressait spécialement. Ayant installé à ses frais une petite clinique affectée au traitement des maladies urinaires, il publia une série de travaux en urologie. Je vous rappellerai simplement ceux qu'il écrivit sur les calculs de l'uretère et sur l'anurie. Aussi fut-il désigné pour présider le Congrès d'Urologie en 1921. Chargé d'un cours d'Urologie, il fut, en 1922, lors de la création à Montpellier d'une chaire d'Urologie, son premier titulaire.

A côté de ces travaux scientifiques, je désire vous parler du rôle important qu'a joué Jeanbrau pendant la guerre 1914-1918. Classé dans les services auxiliaires, il demanda, dès le début des hostilités, à passer dans le service armé. Envoyé tout d'abord comme infirmier à Marseille, il fut rapidement mis à sa place comme chirurgien et finalement en 1915 mis à la tête d'une auto-chir.

A Vadlincourt, voyant ses blessés succomber en très grand nombre au choc et à des hémorragies, constatant que les injections de sérum restaient sans effet, il s'est dit qu'il fallait à ces moribonds des globules rouges, qu'il fallait faire des transfusions. Hayem avait bien insisté sur leur importance, sur la place qu'elles devaient occuper, mais sa voix était restée sans écho, tout au moins dans notre pays. En Amérique, Crile s'était fait l'apôtre de la transfusion, mais la manière dont il la pratiquait était un peu compliquée; il établissait entre le donneur et le blessé une anastomose artéro-veineuse : c'était une véritable opération. Je l'ai pratiquée avec succès, mais ai constaté que c'était une intervention délicate, plus longue que bien des opérations. Il n'était pas possible de la faire sur le front des armées. Jeanbrau s'en rendit compte immédiatement et demanda à son collègue Hédon, professeur de physiologie, qu'il savait avoir fait, sur l'animal, des expériences, le meilleur moyen d'empêcher la coagulation du sang.

Hédon lui indiqua qu'il suffisait d'ajouter au sang un peu de citrate de soude pour empêcher sa coagulation. Immédiatement Jeanbrau utilisa ce procédé et obtint d'excellents résultats. Avec du sang ainsi stabilisé, on pouvait très simplement recueillir, par une simple ponction veineuse, ce sang, le réinjecter au blessé, de même, par une simple ponction veineuse. Hustin, de Bruxelles, Agote, de Buenos-Aires, Lewisohn, de New-York venaient d'arriver aux mêmes conclusions. Jeanbrau ignorait leurs travaux, la guerre empêchant les recherches bibliographiques. Il précisa la manière d'agir, les quantités de sang à injecter, le temps nécessaire pour faire les injections, etc. et obtint des séries de succès. Par ses communications à la Société de Chirurgie, par la propagande qu'il fit auprès de ses collègues de l'armée, il arriva à généraliser sa méthode. Bien des blessés furent ainsi sauvés. Aussi la croix de guerre qui lui fut décernée a-t-elle été des plus méritées.

Appelé par M. Mourier à venir au Ministère, il s'efforça de mettre à leur place ceux qui ne l'étaient pas, de leur donner le personnel et le matériel qui leur étaient nécessaires : En même temps, il fonda des écoles pour la rééducation des blessés. Tout cela fut fait sans bruit pour le plus grand bénéfice de notre pays.

Aussi comprend-on que l'Académie nationale de Médecine l'ait élu en 1925 membre correspondant, puis, en 1943, Associé national et que vous-même, la même année, lors de la mort de son maître Forgue, l'ayez élu membre correspondant de notre Académie.

CHALEUR. — *Utilisation de radio-éléments dans l'étude des températures de transition et des températures critiques des jets moléculaires sur des surfaces.* Note de MM. **Gustave Ribaud** et **Marcel Devienne.**

Les auteurs décrivent le principe d'une méthode d'étude du comportement d'une surface recevant un jet moléculaire, méthode basée sur l'utilisation de radio-éléments dont on peut fixer le parcours grâce au compteur de Geiger.

Les jets moléculaires sont obtenus de la façon classique : un four électrique contenant le métal est chauffé à une température déterminée pendant un temps donné. Le four est percé d'un orifice en mince paroi, orifice dont le diamètre est nettement inférieur au libre parcours moyen des molécules d'air ou de métal à la pression considérée.

On place devant l'orifice du four, à une distance variable, des plaques de verre ou de divers métaux. Tout l'appareil est placé sous une cloche métallique dans laquelle on effectue un vide de l'ordre de 10^{-5} mm de mercure.

Suivant l'intensité du jet moléculaire et la température de la plaque de condensation, on observe au bout d'un temps très variable un dépôt visible. Ceci constitue la méthode habituelle d'étude de la condensation des jets moléculaires.

Nous avons appliqué la méthode des radio-éléments traceurs à cette étude; pour cela nous avons remplacé l'antimoine non radioactif dont les jets moléculaires avaient été étudiés par la méthode classique, par de l'antimoine radioactif composé d'isotopes 122 et 124.

Nous avons ainsi pu mettre facilement en évidence un dépôt d'antimoine au bout d'une demi-heure sur du verre à la température de 73° C, alors qu'une plaque de verre identique placée à la même distance de l'orifice du four et portée à la même température, ne présentait aucun dépôt visible au bout de 10 heures.

Cette méthode d'utilisation des radio-éléments a également l'avantage de pouvoir mettre en évidence la réflexion des molécules sur la surface. Pour cela, entre l'orifice du four et la plaque sont disposées deux petites plaquettes de cuivre, percées d'orifices circulaires, l'une plus rapprochée du four a pour but d'empêcher le jet moléculaire d'antimoine de se condenser sur la seconde. Cette dernière, placée en dessous de la plaque de verre, reçoit les molécules qui se sont *réfléchies* sur celle-ci.

On a vérifié au compteur de Geiger que pour une température de 73° C, il y a réflexion d'une partie des molécules. Cette température est donc comprise entre la température de transition et la température critique de condensation du jet moléculaire sur la plaque de verre.

En dehors de l'étude des températures de transition et critique de la conden-

sation des jets moléculaires, la méthode peut être également utilisée pour l'étude de l'influence de la nature des surfaces sur la réflexion et la captation des molécules.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du milieu aquatique sur l'absorption des matières minérales par les végétaux.* Note de M. **Raoul Combes**, M[lles] **Marie-Thérèse Gertrude** et **Ginette Lévigne.**

Le milieu aquatique, par son action sur l'élaboration des tissus des plantes amphibies, accroît leur pouvoir de captation des minéraux; cet accroissement se montre très différent pour les divers éléments et il varie aussi profondément suivant les espèces. Construits sous l'eau, les tissus de l'*Œnanthe Phellandrium* captent surtout le potassium, ceux du *Veronica Anagallis* captent à la fois l'ion nitrique et l'ion potassium.

L'étude de l'action du milieu sur l'absorption des substances minérales par les plantes a montré que ces dernières peuvent acquérir des teneurs en minéraux fixes variant du simple au double suivant les conditions dans lesquelles elles se développent. J. Panchaud (¹), R. Combes et M.-Th. Gertrude (²) ont fait connaître des exemples de ces variations dans le cas de plantes de même espèce développées à des éclairements d'intensités différentes. Les individus croissant en lumière très atténuée accumulent des quantités de minéraux fixes à peu près doubles de celles contenues dans les individus soumis à l'éclairement solaire direct.

Des faits comparables ont été observés en ce qui concerne l'action du milieu aquatique sur les plantes amphibies. M.-Th. Gertrude (³) constate que *Veronica Anagallis* contient 14,96 % de minéraux fixes lorsqu'il croît dans l'air et 22,72 % quand il vit en immersion dans l'eau. Nous avons rencontré des différences de même ordre chez deux autres plantes amphibies, *Œnanthe Phellandrium* et *Lysimachia nummularia;* nous trouvons par exemple chez l'Œnanthe développé à l'air 12,05 % de minéraux fixes dans les racines, 17,46 % dans les tiges feuillées et chez la plante vivant sous l'eau, 27,64 % dans les racines, 21,65 % dans les tiges feuillées.

Ainsi, contrairement à ce que l'on aurait pu supposer, les plantes placées dans des conditions où elles transpirent peu, en lumière très atténuée, ou dans des conditions où elles ne transpirent pas, en immersion complète dans l'eau, ont cependant une teneur en minéraux beaucoup plus élevée que les individus de même espèce vivant en plein air, à la lumière solaire directe, où leur transpiration est active.

(¹) *Revue générale de Botanique*, 46, 1934, p. 586.
(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1107.
(³) *Revue générale de Botanique*, 49, 1937, p. 161.

Nous avons recherché quels sont les éléments qui prennent part de façon prédominante à cette forte minéralisation des plantes croissant en immersion dans l'eau ou à de faibles intensités lumineuses. L'étude a tout d'abord porté sur l'action exercée par le milieu aquatique.

Il avait été antérieurement établi ([1]) que le *Veronica Anagallis*, cultivé en immersion dans l'eau, pouvait avoir fixé, lorsqu'il atteignait l'état adulte, jusqu'à 10 % de son poids sec de nitrates, tandis que les individus croissant dans l'air s'en trouvaient totalement dépourvus à ce stade. C'était là un exemple d'action extrêmement profonde exercée par les conditions du milieu sur la minéralisation des tissus d'une espèce et une hypothèse avait été proposée pour expliquer le mécanisme de cette action, faisant intervenir la nature des colloïdes spéciaux constituant les tissus construits sous l'eau et leur affinité pour des éléments minéraux déterminés. Nous avons voulu, avant d'envisager le problème de l'absorption des minéraux fixes, rechercher si ce phénomène de captation des nitrates en milieu aquatique présentait une certaine généralité. Nous avons examiné à ce point de vue quelques espèces capables de croître dans l'air et dans l'eau. Les résultats du dosage des nitrates, exprimés en grammes de nitrate de potassium et rapportés à 100^g de substance sèche, ont été les suivants : chez *Œnanthe Phellandrium*, 0,039 dans la plante d'air et 0,050 dans la plante d'eau; chez *Rubus fruticosus*, 0,027 dans la plante d'air et 0,175 dans la plante d'eau; chez *Phragmites communis*, 0,229 dans la partie émergée de la tige et 0,419 dans la partie immergée; chez *Scirpus lacustris*, 0,054 dans la partie émergée de la tige et 0,364 dans la partie immergée. Le milieu aquatique réalise donc des conditions telles que les tissus végétaux qui s'y construisent captent en général notablement plus de nitrates que ceux qui se forment dans l'air, la teneur en nitrates des organes immergés pouvant atteindre jusqu'à six fois celle des organes formés dans l'air (*Rubus* et *Scirpus*); mais le *Veronica Anagallis* apparaît comme une espèce dont la réaction vis-à-vis du milieu aquatique est à ce point de vue exceptionnellement accusée.

L'étude de l'action du milieu aquatique sur la teneur des tissus en minéraux fixes a été entreprise sur l'*Œnanthe Phellandrium*. Des exemplaires de la plante ont été cultivés depuis la germination, les uns dans l'air et les autres en immersion dans l'eau. Ils ont été récoltés à la fin de la période active de végétation, en septembre, et ont été soumis à l'analyse. On a déterminé, dans chaque plante, l'ensemble des minéraux fixes par pesée des cendres, la teneur en phosphore par la méthode de Copaux, la teneur en potassium par la méthode de Maume, Dulac et Bouat, la teneur en magnésium par précipitation sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien et dosage de l'acide phosphorique par la méthode de Lorenz, la teneur en calcium par précipitation à l'état

---

([1]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 69.

d'oxalate et dosage par le permanganate de potassium. Les résultats obtenus, rapportés à 100 parties de matière sèche, sont réunis dans le tableau ci-dessous.

	Plantes d'air.		Plantes d'eau.	
	Tiges feuillées.	Racines.	Tiges feuillées.	Racines.
Matières minérales fixes....	17,46	12,05	21,65	27,64
Phosphore................	0,51	0,52	0,56	0,48
Potassium................	2,05	1,72	7,01	8,10
Magnésium...............	0,39	1,21	0,67	1,83
Calcium..................	2,58	1,12	1,24	1,39

Lorsqu'il croît dans l'air, l'Œnanthe absorbe des quantités voisines de potassium et de calcium et des quantités moindres de phosphore et de magnésium. Lorsqu'il croît dans l'eau, ses tissus n'augmentent pas de façon importante leur teneur en phosphore, en magnésium, ni en calcium, mais par contre la quantité de potassium fixée est presque quintuplée dans les racines et plus que triplée dans les tiges feuillées.

Nous avons recherché si cette propriété que possède l'Œnanthe developpé dans l'eau de capter de grandes quantités de potassium est un phénomène général chez les plantes vivant en milieu aquatique. Dans ce but nous avons cultivé quelques espèces amphibies, comparativement en immersion dans l'eau courante d'un bassin et sur un sol exposé à l'air, et nous avons dosé le potassium dans les deux lots de plantes. Les résultats rapportés à 100 parties de matière sèche sont réunis dans le tableau ci-dessous.

	Plantes d'air.	Plantes d'eau.	Rapport $\frac{\text{eau}}{\text{air}}$.
Œnanthe Phellandrium, tiges feuillées...........	2,05	7,01	3,4
» » , racines..................	1,72	8,10	4,7
Veronica Anagallis, plante entière..........	1,97	6,57	3,3
Lysimachia nummularia, »	1,51	3,38	2,2
Sagittaria sagittoefolia, »	4,43	6,02	1,3

L'accroissement de la fixation du potassium par le développement en milieu aquatique a lieu chez les quatre espèces étudiées, mais il est surtout accentué chez l'Œnanthe et la Véronique. Les dosages effectués au moyen d'une méthode différente par le professeur Gabriel Bertrand et Didier Bertrand ([5]) sur trois de ces espèces récoltées à un stade un peu moins avancé ont mis en évidence des variations de même sens.

On peut conclure de cette étude que les tissus végétaux formés en immersion dans l'eau fixent notablement plus de matières minérales que lorsqu'ils se forment dans l'air. L'accroissement du pouvoir de captation des minéraux que provoque le développement en milieu aquatique se montre très différent pour

([5]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1553.

les divers éléments présents et il varie aussi suivant les espèces végétales en expérience. Immergés côte à côte dans une même eau et fixés sur un même sol, l'Œnanthe a son pouvoir de captation accru surtout vis-à-vis du potassium tandis que la Véronique a ce pouvoir accru à la fois vis-à-vis de l'ion nitrique et vis-à-vis de l'ion potassium. Si l'on adopte l'hypothèse antérieurement formulée, ces différences d'affinité des tissus des plantes d'eau pour des minéraux déterminés peuvent s'expliquer par la nature différente des colloïdes que produit chaque espèce lorsqu'elle se construit en milieu aquatique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le rubidium à côté du potassium et du sodium dans le sang humain.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

Au cours de nos recherches sur la présence du rubidium chez les animaux ([1]), nous avons réussi à reconnaître et à doser ce métal alcalin dans toutes les espèces et dans tous les tissus ou organes que nous avons examinés. On devait s'attendre, d'après ces résultats, à le rencontrer d'une manière constante dans le sang, y compris celui de l'Homme. Au moment de notre publication, nous n'avions opéré que sur le sang de Cheval, dans lequel existait environ 7^{mg} de rubidium par litre. Chez l'Homme, des sondages purement qualitatifs avaient été effectués par Ramage et Sheldon, mais après avoir annoncé la présence du rubidium dans le sang humain, ces auteurs ne parvinrent plus à le déceler deux années plus tard que dans 14 échantillons sur 23 qu'ils analysèrent ([2]).

Ayant à notre disposition une méthode non seulement qualitative, mais quantitative, très sensible et très exacte de détermination du rubidium, il nous a paru intéressant d'étudier à nouveau la question restée imprécise de la présence de ce métal dans le sang. On commence, en effet, à s'intéresser au rôle du potassium dans l'organisme humain. Or, le potassium et le rubidium sont très voisins au point de vue chimique. Dans l'étude dont nous apportons aujourd'hui les résultats, nous avons cherché si le rubidium existe normalement dans le sang humain et dans quelles proportions il peut éventuellement s'y trouver.

Pour les analyses, 10^{cm^3} de sang ont été retirés par ponction d'une veine superficielle du pli du coude, versés dans une capsule de platine et desséchés à l'étuve. Le résidu a été minéralisé en deux temps et les métaux alcalins séparés des cendres sous forme de chlorures, suivant la méthode utilisée dans nos recherches antérieures. C'est dans 10^{mg} exactement du mélange sec de ces chlorures que nous avons procédé, par spectrographie, à la détermination qualitative et quantitative du sodium, du potassium et du rubidium.

([1]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 25.
([2]) *Nature*, n° 125, 1929, p. 601.

Le sang veineux sur lequel nous avons opéré a été prélevé le matin, sur des sujets à jeun, jeunes, apparemment en bonne santé, choisis parmi les travailleurs du laboratoire. Les dosages ont été effectués sur dix personnes de sexe masculin et neuf de sexe féminin.

Dans tous les cas, nous avons rencontré et dosé le rubidium. Les résultats que nous avons trouvés sont groupés dans le tableau suivant :

D'après ces résultats, les quantités de rubidium rencontrées dans un litre de sang, ont été, pour un homme, comprises entre 1^{mg},63 et 4^{mg},95, avec une valeur moyenne de 3^{mg},15. Pour la femme, ce taux a été légèrement inférieur : il a varié de 1^{mg},12 à 5^{mg},55, avec une valeur moyenne de 2^{mg},83.

Cette petite différence, analogue à celle connue pour le potassium, peut sans doute être expliquée par une localisation de la plus grande partie du rubidium dans les globules rouges dont le nombre est, comme on sait, plus élevé chez les hommes que chez les femmes. Nous reviendrons prochainement sur cette question.

Hommes n^{os}.	Rb (mg).	K (g).	Na (g).	Femmes n^{os}.	Rb (mg).	K (g).	Na (g).
2.........	1,63	1,75	1,75	3.........	2,46	1,15	2,33
4.........	3,09	1,20	1,93	6.........	3,88	1,73	2,53
5.........	4,10	0,92	2,29	10.........	2,07	1,51	2,46
7.........	3,08	2,34	1,22	12.........	2,40	1,23	2,37
8.........	2,30	1,95	1,57	16.........	5,55	1,71	2,12
9.........	3,18	1,89	1,89	17.........	3,87	2,48	1,47
11.........	4,45	1,29	2,34	18.........	3,43	1,63	2,02
13.........	3,13	1,86	1,75	19.........	1,45	0,79	3,26
14.........	4,95	1,40	2,11	20.........	1,12	1,22	2,71
15.........	4,15	2,40	1,88	29.........	2,06	2,03	1,53
25.........	1,73	1,64	2,12				
26.........	2,12	2,42	1,19				
Total......	37,91	21,16	22,04		28,29	15,48	22,80
Moyenne...	3,15	1,75	1,84		2,83	1,55	2,28
Écart.....	1,63	0,92	1,22		1,12	0,79	1,47
	4,95	2,42	2,34		5,55	2,48	3,26

Note. — Les chiffres donnés sont calculés et la précision réelle pour un seul dosage correspond à : ± 7 % pour le Rb; ± 4,8 % pour le K; ± 3,7 % pour le Na.

Quant au sodium et au potassium que nous avons également dosés, leur concentration moyenne par litre est respectivement de 1^{g},84 et 1^{g},75 pour l'Homme et de 2^{g},28 et 1^{g},55 pour la Femme.

La majorité des chiffres relatifs au sodium et au potassium sont en accord avec ceux généralement donnés par la littérature et établis par voie purement chimique. Par contre, nous avons observé dans quelques cas des variations de teneur notablement plus fortes, allant de 1 à 3 environ. Ces écarts ne peuvent être imputés à des erreurs analytiques : en effet, malgré la fidélité de la

méthode chimico-spectrographique dont nous nous servons, nous avons répété plusieurs analyses en partant des cendres d'un même sang et, soit par la méthode chimique employée seule, soit par la méthode chimico-spectrographique rappelée plus haut, les nouveaux résultats ont confirmé ceux qui avaient déjà été obtenus.

Nous avons, en outre, opéré sur un sang exceptionnellement riche en potassium (celui du sujet 7) et sur deux particulièrement pauvres (sujets 3 et 5), en partant de prises faites trois semaines après les premières. Le sujet 7 était resté en bon état physique et moral; les sujets 3 et 5 qui, lors de la première prise de sang, présentaient un état psychique dépressif et de l'asthénie, étaient nettement améliorés à ce double point de vue au moment de la seconde prise. La teneur en potassium était pratiquement inchangée avec le sujet 7, mais elle était passée chez le 3 de $1^{mg},15$ à 2,03 et chez le 5 de $0^{mg},92$ à 1,64. Signalons enfin que la teneur en potassium du sujet 19 ($0^{g},79$) ne pouvait provenir d'un état anémique, la numération globulaire ayant donné un chiffre normal (4600000 G. R., T. H. 90 %).

Conclusions. — Il se dégage de ces premières recherches que le rubidium existe normalement, à côté du sodium et du potassium, dans le sang humain. Sa valeur moyenne chez l'Homme serait de $3^{mg},15$ légèrement supérieure à celle trouvée chez la Femme, $2^{mg},83$.

Il est important de noter, pour d'éventuelles utilisations cliniques, que de fortes variations de teneur pouvant aller du simple au triple, tant pour le rubidium que pour le sodium et le potassium, ont été observées dans les échantillons de sang normal que nous avons analysés.

Enfin, on remarquera que les teneurs varient indépendamment les unes des autres pour les trois métaux alcalins et qu'elles sont plus étendues pour le rubidium que pour le potassium et le sodium.

IMMUNOLOGIE. — *Essais de conservation du vaccin anti-aphteux à différentes températures.* Note (*) de MM. **Gaston Ramon, Jean-Pierre Thiéry, Rémy Richou** et **Claude Gerbeaux.**

L'un des principaux reproches faits au vaccin anti-aphteux préparé selon la formule de Vallée, Schmidt, Waldmann (anavirus formolé adsorbé par l'hydrate d'alumine), est son manque de stabilité qui oblige à le garder à une température comprise entre + 3° et + 7°. Aussi est-il apparu depuis longtemps souhaitable de modifier ce vaccin afin d'en permettre le transport et la conservation à la température ordinaire et, par suite, l'utilisation dans de meilleures conditions pratiques.

(*) Séance du 15 mai 1950.

Nous basant sur le fait que la glycérine a été employée avec succès pour assurer la conservation des propriétés non seulement des virus, mais aussi des virus-vaccins (conservation du virus rabique, du vaccin jennerien, etc.), nous avons recherché si l'addition de glycérine au vaccin anti-aphteux était capable d'augmenter sa résistance à la chaleur et sa stabilité dans le temps. Nous pensions, d'autre part, que la glycérine pourrait également, servir de substance adjuvante et stimulante de l'immunité, et ajouter ainsi au rôle joué habituellement par l'hydrate d'aluminium, en compensant dans une certaine mesure la diminution de la valeur immunisante du vaccin, diminution qui pourrait survenir du fait des mauvaises conditions de conservation dans lesquelles le vaccin serait placé (1).

Des moyens matériels insuffisants ne nous ayant pas permis de préparer nous-mêmes un tel vaccin, nous avons utilisé des vaccins classiques que nous devons à nos Collègues, le Dr Schmidt, de Copenhague, et le Dr Moosbrugger, de Bâle.

Voici l'une de nos expériences :

Le vaccin anti-aphteux, qui nous est parvenu très rapidement (par avion) dans de bonnes conditions, a été éprouvé à son arrivée; son activité immunisante s'étant révélée très satisfaisante, 500$^{cm^3}$ ont été additionnés, à parties égales, d'une glycérine aussi proche que possible de la neutralité. Ce mélange glycérine-vaccin a été réparti dans deux flacons qui ont été placés, le premier, pendant 8 jours à la température du laboratoire (entre 18° et 20°) le deuxième pendant 48 heures à l'étuve à 26°. Après ce séjour au laboratoire ou à l'étuve, ces vaccins ont été remis durant plusieurs jours à la chambre froide (+ 4°) avant leur emploi expérimental.

D'autre part, 100$^{cm^3}$ de vaccin non modifié ont été abandonnés, à la température du laboratoire pendant le même temps que le vaccin glycériné et 100$^{cm^3}$ de ce même vaccin conservés à la chambre froide + 4°.

Les diverses sortes de vaccins ont été injectées à différents lots de bovins à des doses telles qu'elles contenaient toutes 30$^{cm^3}$ du vaccin initial.

Les injections de vaccin additionné de glycérine ont causé des réactions locales en général plus fortes que celles du vaccin non modifié.

Quinze jours plus tard, tous les animaux vaccinés et trois bovins non vaccinés, servant de témoins, ont reçu dans la muqueuse linguale une quantité de virus représentant au moins 10 000 doses infectantes.

Des résultats enregistrés au cours de cette expérience dont les détails seront fournis ailleurs, il ressort que les trois bovins qui ont reçu le vaccin additionné de glycérine et laissé 48 heures à l'étuve à 26° n'ont présenté aucun signe de fièvre aphteuse. *On remarquera tout spécialement la résistance parfaite de ces trois animaux.*

---

(1) En ce qui concerne les propriétés adjuvantes et stimulantes de la glycérine, *voir* G. Ramon, R. Richou et J. P. Thiéry, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1678.

Deux des trois bovins qui ont reçu le vaccin glycériné ayant séjourné 8 jours au laboratoire, n'ont présenté que des aphtes locaux, le troisième n'a eu ni hyperthermie ni aphtes. Des deux sujets immunisés avec le vaccin non glycériné conservé au laboratoire, l'un d'entre eux a présenté de l'hyperthermie et des lésions de la langue et du bourrelet, l'autre n'a pas eu d'hyperthermie, mais des aphtes rupturés. Quant aux témoins, non vaccinés, ils ont présenté tous les trois une hyperthermie persistante et une généralisation de l'infection avec une très forte réaction générale, refus de la nourriture, etc. Deux d'entre eux sont morts de la fièvre aphteuse le 6e jour. L'épreuve était donc particulièrement sévère.

Dans une autre expérience, trois animaux ont été soumis à l'injection d'un vaccin glycériné, préparé de la même façon, et conservé 8 jours au laboratoire; ils ont été ensuite éprouvés dans des conditions analogues à celles de la première expérience; deux d'entre eux n'ont eu ni hyperthermie ni aphtes locaux, le troisième présentait seulement un aphte rupturé; deux animaux traités par le même vaccin non glycériné, conservé également 8 jours au laboratoire, présentèrent l'un de l'hyperthermie et un aphte volumineux, l'autre un aphte rupturé envahissant toute la langue; les témoins correspondants ont été atteints de fièvre aphteuse généralisée.

Il semble donc bien, d'après ces résultats, que l'on puisse obtenir une meilleure conservation du vaccin anti-aphteux grâce à l'addition de glycérine. Mais de nouvelles expériences sont nécessaires pour permettre de tirer une conclusion définitive. Nous nous proposons notamment de poursuivre cette expérimentation en utilisant un vaccin glycériné devant être actif à la dose habituelle de 30^{cm^3} ou à une dose plus réduite encore, et en soumettant au préalable ce vaccin, durant un temps variable, à diverses températures. Ces expériences sont actuellement en cours.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Sur l'invariance de la rotativité dans le passage de l'état gazeux à l'état liquide. Étude expérimentale de l'oxyde d'éthyle.* Note (*) de MM. **René de Mallemann**, **François Suhner** et **Jean Grange**.

D'après les expériences anciennes, la rotativité mesurée dans la phase vapeur est le plus souvent supérieure à la rotativité déduite des grandeurs observées dans la phase liquide. Mais l'écart ne dépassait guère la précision des mesures et pour établir le fait avec certitude, il était nécessaire de reprendre les expériences à l'aide d'une technique perfectionnée (particulièrement en ce qui concerne la mesure des densités de vapeur). Une étude assez étendue de l'*oxyde d'éthyle* a confirmé l'existence de l'écart évalué, dans ce cas, à 3 %.

Les mesures effectuées au cours de la période 1929-1934 par l'un des auteurs, en collaboration avec M. P. Gabiano (ultérieurement avec M. F. Suhner), ont

(*) Séance du 15 mai 1950.

porté sur un grand nombre de substances, de constitutions très diverses, et les résultats avaient permis de conclure que la rotativité du liquide, exprimée en fonction du facteur théorique $9n/(n^2+2)^2$, correspondait généralement à la rotation spécifique de la vapeur avec des écarts ne dépassant pas 5 %, précision du même ordre que celles des mesures réalisables au moyen de l'appareillage initial. On avait remarqué pourtant que la majorité des écarts avait le *même sens*, la rotativité calculée à partir des constantes du liquide étant le plus souvent *inférieure* à celle de la vapeur (et la différence semblait plus sensible avec des corps dont les molécules ont une constitution *polaire*).

Les appareils et la technique ayant été améliorés entre temps, nous avons jugé nécessaire de reprendre un certain nombre de mesures. La comparaison des rotations spécifiques exige, en particulier, une connaissance assez précise des *densités de vapeur*; celles-ci avaient été déterminées antérieurement par les procédés classiques où l'on opère à la pression atmosphérique; or la pression de la vapeur dans le tube polarimétrique était généralement supérieure, et comme la densité varie relativement beaucoup à proximité de l'état de saturation, la réduction calculée par la loi des gaz pouvait conduire à des nombres trop faibles ([1]). Cette cause d'erreur a pu être éliminée en déterminant la densité de la vapeur à partir de la masse totale du liquide introduite dans le tube polarimétrique, préalablement jaugé : ce tube ayant une capacité de 5588^{cm^3} et les masses dépassant 20^g en moyenne, on obtient ainsi directement, avec une bonne précision, la densité de vapeur *dans les conditions mêmes de l'observation polarimétrique*. (Le dispositif fonctionne à ce point de vue comme un gigantesque appareil de V. Meyer.)

D'autre part, on a effectué un nouveau tarage des bobines; le nombre des spires a été vérifié et l'indication de l'ampèremètre contrôlée très exactement par remplissage du tube avec de l'eau pure.

La substance choisie en premier lieu est l'*oxyde d'éthyle*, dont la vapeur se prête commodément à des observations dans des conditions variées de pression et de température.

Liquide (séché par contact prolongé avec Na en fils, puis distillé plusieurs fois). $É_{750}$ 34°,5; $d_{20/20}$ 0,7151; n^{20}_{578} 1,3563.

Rotation par rapport à l'eau à 20°......	$\alpha =$ 0,8345	$\lambda = 578^{m\mu}$
Constante de Verdet à 20°.............	$\Lambda =$ 1,140.10^{-2} (minutes)	
Rotation moléculaire à 20°............	$[\Lambda]_M =$ 34,37 .10^{-5} (radians)	
Rotativité à 20°......................	$[\Omega]_M =$ 28,46 .10^{-5} (radians)	
Dispersion..........................	546 : 1,13	436 : 1,85

([1]) La présence des bobines qui entourent le tube ne permet pas d'opérer à des températures où les vapeurs se comporteraient à peu près comme des gaz, et quand on diminue la pression, les rotations deviennent trop faibles.

Vapeur. — Différence de potentiel magnétique appliquée, $H^1 = 610573$ C.G.S.; *d* masse spécifique sous *p* et *t*; 2ρ rotation double, $\lambda = 578^{m\mu}$.

	t^o.	*p* (mm à 0°).	d^p_t.	δ_{air}.	2ρ (degrés).	$[\Omega]_M$ (radians).
Sèche........	40	416	$1{,}605.10^{-3}$	2,59	0,45	$29{,}7.10^{-5}$
	41	735	2,95	2,71	0,83	29,7
	60	1223	4,73	2,77	1,31	29,3
	60	1308	5,08	2,78	1,40	29,2
Saturante.....	41	946	3,85(tables)	2,75	1,06	29,1

Tenu compte de la précision plus faible des nombres correspondant aux basses pressions, on peut conclure que la rotativité de l'oxyde d'éthyle est comprise entre 29.10^{-5} et $29{,}5.10^{-5}$ (rad.); sa valeur dépasserait donc d'environ 3 % le nombre obtenu pour l'état liquide.

Les anciennes mesures avaient conduit à la valeur $30{,}3.10^{-5}$, nettement supérieure, bien que les rotations observées dans des conditions comparables soient en bon accord; l'écart est dû à la valeur plus faible de la densité de vapeur. Le tableau montre d'ailleurs que cette densité augmente relativement très vite avec la pression. (Avec les densités prises suivant la procédure antérieure, la plupart des nombres de la dernière colonne dépasseraient 30.10^{-5}). La manière dont les valeurs de $(\Omega)_M$ varient avec les conditions expérimentales pourrait suggérer que l'écart entre les rotativités des deux phases tend à diminuer quand la vapeur se rapproche de la *saturation*. Mais la petitesse des rotations aux faibles pressions ne nous permet pas d'être affirmatif sur ce point. [Dans l'expérience faite sous 416^{mm}, une erreur de 0°,005 par excès sur la rotation simple suffirait à ramener la valeur de $(\Omega)_M$ au voisinage de $29,10^{-5}$].

Quoi qu'il en soit, l'existence d'un petit écart *négatif* pour la rotativité de la phase liquide paraît indiscutable, et ce fait doit être imputé, à notre avis, au manque de rigueur de l'expression théorique (comme pour la réfractivité et d'autres constantes moléculaires).

M. **Charles Maurain** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *La météorologie et ses applications*, qu'il vient de publier dans la *Bibliothèque de Philosophie scientifique*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre non résidant, en remplacement de M. *René Maire*, décédé.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour	2e tour
Nombre des votants.................	67	68
	Nombre de suffrages.	
M. Pierre Teilhard de Chardin...........	30	42
M. Émile Guyénot.......................	21	19
M. Georges Denigès....................	16	7

M. **Pierre Teilhard de Chardin**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

M. **Roger Heim** est désigné pour représenter l'Académie à la deuxième session de l'Assemblée générale de l'**Union internationale pour la protection de la nature**, qui se tiendra à Bruxelles, du 18 au 23 octobre 1950.

CORRESPONDANCE.

Le Secrétaire général du **Conseil international des Unions scientifiques** soumet à l'Académie le programme des délibérations qui doivent avoir lieu au cours de la réunion que le Comité exécutif tiendra dans le courant du mois d'août.

(Renvoi à une Commission composée de MM. É. Borel, G. Bertrand, M. Caullery, Ch. Maurain, Ch. Jacob, G. Julia, A. Caquot, P. Montel, J. Pérès, E. de Martonne, L. Binet, A. Pérard, R. Courrier, R. Heim, A. Demolon, J. Cabannes, P. Lejay, A. Danjon et de tous autres Membres de l'Académie qui en exprimeraient le désir.)

Le Président du **Congrès international de médecine interne** invite l'Académie à se faire représenter au premier Congrès qui aura lieu à Paris, du 11 au 14 septembre 1950.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Synopsis of proposals concerning the international rules of botanical nomenclature, submitted to the Seventh international botanical Congress. Stockholm,* 1950, prepared by J. Lanjouw.

2° *Industries agricoles et alimentaires.* Janvier-février 1950, n° 1.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur le principe d'égalité de l'action et de la réaction.* Note de M. **René Dugas**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour évident qu'il puisse paraître, le principe d'égalité de l'action et de la réaction recèle des difficultés sur lesquelles il n'est pas inutile de revenir.

On sait que ce principe appartient en propre à Newton qui en a fait le troisième de ses axiomes ou lois du mouvement.

Sur l'origine même de ce principe on peut faire les remarques suivantes :

Newton ne mentionne pas Descartes au rang de ses prédécesseurs immédiats auxquels il rend hommage. Mais il serait contraire à toute vraisemblance d'admettre qu'il ne l'ait pas lu, et même médité. Bien plus, certains concepts newtoniens s'éclairent si on les considère comme des réfutations du mécanisme cartésien.

Sans méconnaître une certaine *relativité* des mouvements, Newton crée le concept de mouvement *vrai* ou *absolu* pour corriger ce que le système cartésien avait d'inexploitable du fait même de la généralisation excessive de cette relativité. Il réfute même explicitement la définition cartésienne du mouvement : « Le mouvement vrai et absolu ne saurait être défini par la translation du voisinage des corps extérieurs que l'on considère comme au repos. Il faut que les corps extérieurs soient non seulement regardés comme en repos, mais qu'ils y soient véritablement, etc. ».

Mais Descartes avait proclamé non seulement la *relativité*, mais encore la *réciprocité* des mouvements. Dans le système cartésien où la matière se confond avec l'étendue et remplit tout l'espace, cette réciprocité apparaît comme un simple déplacement mutuel.

Newton est persuadé de la réalité de cette réciprocité; mais comme son système est en fait une mécanique des *causes* et qu'il attribue à ces causes, c'est-à-dire aux forces, un caractère *absolu*, il transpose, semble-t-il, cette réciprocité aux causes elles-mêmes, ce qui le conduit à l'énoncé de sa troisième loi.

Cette loi est triviale dans le cas de simples actions de contact. Newton se persuade, par de multiples expériences, qu'elle est vérifiée dans le choc et la réflexion des corps « aussi bien durs que mols » et qu'elle est en outre conforme à la théorie de Wren et de Huygens.

Reste à l'établir pour les attractions. Ici Newton recourt à un artifice, qui consiste à *imaginer* entre deux corps A et B qui s'attirent à distance un obstacle C qui les empêche de se joindre : ceci revient à rétablir la continuité de la matière entre A et B, comme dans l'étendue cartésienne. Si les actions de A et de B n'étaient pas réciproquement égales et opposées, l'ensemble $A+B+C$ serait animé indéfiniment, dans le vide, d'un mouvement continuellement accéléré, ce qui viendrait contredire le principe galiléen (et cartésien) de l'inertie.

Ce raisonnement apporte quelque support à l'interprétation que nous proposons et qui ferait de la troisième loi de Newton la transposition, en langage de forces, de la réciprocité des mouvements dans l'étendue cartésienne.

Les critiques modernes ont cherché à éluder ces difficultés en définissant, à la suite de Barré de Saint-Venant, la masse de telle façon que la troisième loi de Newton soit automatiquement satisfaite.

Le principe d'égalité de l'action et de la réaction s'étend facilement au cas où la masse varie avec la vitesse suivant une loi arbitraire, mais il est mis en défaut par l'introduction des *potentiels retardés*.

Si, par exemple, après G. C. Darwin (1) on étudie, même en négligeant les termes d'ordre supérieur à $1/c^2$, le problème des deux corps en relativité restreinte avec potentiel retardé et que l'on sépare l'effet de la variation de la masse avec la vitesse de l'effet du retard du potentiel, on peut mettre en évidence deux systèmes dont l'un satisfait, et l'autre non, au principe d'égalité de l'action et de la réaction (2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Problème de Dirichlet pour une équation du type mixte*. Note (*) de MM. **Paul Germain** et **Roger Bader**, présentée par M. Joseph Pérès.

Théorèmes d'existence et d'unicité dans le cas du problème de Dirichlet pour une équation elliptique à l'intérieur d'un domaine et parabolique sur une partie de la frontière du domaine. Cette équation se rencontre en aérodynamique dans les problèmes transsoniques.

1. L'équation

$$\text{(E)} \qquad L(z) = k(y)\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = F(x, y),$$

où $k(y)$ est positif pour y positif et nul pour y nul, est elliptique dans le demi-plan $y > 0$ et parabolique sur l'axe $y = 0$. On se pose le problème de Dirichlet relatif à un domaine G borné situé dans $y \geq 0$, dont la frontière Γ contient un segment AB de l'axe $y = 0$. Le même problème a été traité par Tricomi (1) dans le cas où $k(y) = y$, $F = 0$, par des méthodes particulières (2). Ici, nous suivons les méthodes générales du calcul des variations (3); nous ne pensons pas qu'il y ait de difficultés à étudier par les mêmes méthodes des équations du type mixte plus générales.

2. Nous désignons par $\mathcal{H}$ l'ensemble des fonctions z, continues par morceaux dans G, telles que $H(z) = \iint_G z^2\, dx\, dy$ soit finie; par $\mathcal{D}$ l'ensemble

(1) *Phil. Magazine*, 39, 1920, p. 537.

(2) Nous avons montré (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1323) dans le cadre de la mécanique des quanta de Bohr-Sommerfeld que cet écart est, dans le cas de l'atome d'hydrogène, de l'ordre de la 1/1800 partie de la correction de structure fine due à la seule variabilité de la masse, donc pratiquement impossible à déceler.

(*) Séance du 24 avril 1950.

(1) *Rend. della R. Acc. Naz. dei Lincei; Cl. Sc. Phis. Math. Nat.*, 14, 1923, p. 133-247.

(2) L'équation se ramène alors à l'équation d'Euler-Poisson (Darboux, t. II).

(3) R. Courant et D. Hilbert, *Methoden der Mathematischen Physik*, 2, Berlin, 1937.

des fonctions de $\mathcal{H}$, à dérivées premières continues par morceaux dans G, telles que $D(z)=\iint_G (kz_x^2+z_y^2)\,dx\,dy$ soit finie ; par $\mathcal{D}^{\cdot}$ l'ensemble des fonctions de $\mathcal{D}$ nulles dans une bande frontière ; par $\mathcal{D}^0$ la fermeture de $\mathcal{D}^{\cdot}$ dans $\mathcal{D}$ par convergence forte suivant les métriques H et D ; par $\mathcal{F}$ l'ensemble des fonctions de $\mathcal{D}$ à dérivées secondes continues par morceaux, telles que $L(z)$ soit de carré sommable. On peut alors formuler un premier résultat :

Il existe une fonction z et une seule appartenant à $\mathcal{F}$ telle que $z-g$ appartienne à $\mathcal{D}^0$, g appartenant à $\mathcal{D}$, solution de (E) *dans* G, *k et* F *étant continues dans* $G+\Gamma$ *et ayant dans* G *des dérivées continues par morceaux.*

La démonstration consiste à chercher une fonction z de $\mathcal{D}$ telle que $z-g$ appartienne à $\mathcal{D}^0$ et pour laquelle l'expression $I(z)=D(z)+2H(F, z)$ soit minimum. Il n'y a pas de difficultés car on se place toujours à l'intérieur du domaine.

La métrique $\mathcal{D}(z)$ permet de définir un système orthonormal et complet [1] de solutions (φ^ν) nulles en un point A intérieur à G et de considérer la fonction noyau (P et Q désignant deux points de G)

$$K_A(P, Q)=\sum_0^\infty \varphi^\nu(P)\,\varphi^\nu(Q).$$

La fonction z de l'énoncé précédent peut s'écrire alors, à une constante additive près :

$$z(P)=D[K_A(P, Q), g(Q)],$$

$D(\varphi, \psi)$ étant la forme polaire de $D(\varphi)$.

3. Pour étudier dans quels cas les valeurs de g sont prises par z sur AB, on ne peut plus étendre des raisonnements faits quand l'équation reste toujours elliptique et qui sont basés sur le fait que $\Delta(z)=(\partial^2 z/\partial x^2)+(\partial^2 z/\partial y^2)$ appartient à $\mathcal{H}$. Ici, seul $L(z)$ appartient à $\mathcal{H}$.

Dans le cas où $F=0$ et où g a des dérivées secondes continues dans $G+\Gamma$, on démontre d'abord, en utilisant le principe du maximum, que dans un voisinage d'un point M de AB, z est majorée et minorée par les valeurs de deux solutions particulières (de la forme $z=f(y)\sin(\alpha x+\beta)$ égales à g en M et respectivement supérieures et inférieures à g dans le voisinage de M. On peut alors énoncer.

Si g a des dérivées secondes continues dans $G+\Gamma$, *il existe une solution et une seule de* (E), *prenant les valeurs de g en tous les points de* Γ.

Il est facile d'étendre ce résultat en utilisant les propriétés de compacité des solutions de E. Le résultat précédent est encore vrai si g est continu et borné dans $G+\Gamma$ sauf en un nombre fini de points de discontinuité sur Γ.

---

(1) S. BERGMAN, *Complex orthogonal Functions and conformal mapping*, 1950.

Pour avoir un résultat analogue dans le cas où $F \not\equiv 0$, il suffit évidemment de montrer qu'il existe une solution particulière de (E) qui prend des valeurs continues sur Γ. Il est facile de le voir si F a une forme particulière, par exemple $\sum_{j=0}^{n} P_{j,k}(y)(a_j \cos jx + b_j \sin jx)$, où $P_{j,k}$ désigne un polynôme de degré k, et l'on peut de nouveau conclure par un procédé de compacité.

On a finalement le résultat général suivant : *si l'on se donne des valeurs bornées continues sur* Γ, *un nombre fini de points de discontinuité exceptés, il existe une et une seule solution de* (E) *dans* G *qui prend ces valeurs sur* Γ; *k et* F *satisfaisant aux mêmes conditions que celles énoncées plus haut.*

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'interaction des trajectoires particulaires au voisinage d'un obstacle.* Note (*) de M. **Raymond Boucher**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'équation générale de la mécanique des suspensions ([1]) se simplifie dans le cas d'un aérosol de diamètre d et s'écrit

$$\rho \frac{d\vec{U}}{dt} = -\rho' \frac{u}{d} \vec{u} f\left(\frac{ud}{\nu}\right) + \rho \vec{g}.$$

En appliquant la méthode proposée par Brun et Vasseur ([2]), nous avons construit les trajectoires de différentes particules d'un micro-brouillard se déplaçant dans un champ aérodynamique connu. Ce dernier était constitué par un écoulement plan autour d'une lamelle de verre de grande envergure et de hauteur $D = 0^{cm},476$, la vitesse au loin du fluide étant normale à la plaque. En tenant compte du fait que, pour les aérosols, le coefficient de captation γ est une fonction des deux nombres sans dimensions $U_0 d/\nu$ et $\rho' D/\rho d$, nous avons pu tracer les deux courbes du rendement de captation $\gamma = \Phi(d)$ correspondant à nos conditions d'expérience.

La source de micro-brouillard consistait en un pulvérisateur pneumatique qui a fonctionné avec les deux régimes ci-après : vitesse maximum du gaz dans la buse de la tuyère : 400 et 580 m/sec, débit gazeux : 920 et 1350 cm³/sec, débit liquide : 0,010 et 0,015 cm³/sec (mélange glycérine 50 % et alcool isobutylique). Suivant la technique de Haüsser et Strobl ([3]) devenue classique, nous avons exposé la lamelle de verre D recouverte d'une mince couche d'huile

(*) Séance du 8 mai 1950.

([1]) Toutes nos notations sont celles de Brun, Caron et Vasseur (*Rapport Technique*, **15**, *G. R. A.*, 1945).

([2]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 218.

([3]) *Zeits. Techn. Phys.*, **4**, 1924, p. 154.

de ricin dans le courant de brouillard (à la distance d'un mètre environ sur l'axe du col de la tuyère). La vitesse relative du vent vis-à-vis de la plaquette était de 2,2 m/sec et 3,8 m/sec dans les deux types d'écoulement utilisés. Une double série de prélèvements pour chaque type de brouillard a donné après examen microscopique (× 200) le nombre moyen de particules contenues dans l'unité de volume pour chaque catégorie de micro-gouttelettes. Nous avons repris ensuite la même analyse dans des conditions identiques d'écoulement avec une couche uniforme de vaseline blanche sur la plaquette de verre. C'est la méthode recommandée par Houghton et Radford ([4]) pour éviter les inconvénients du glissement de l'huile de long de la plaque, mais il faut réduire le diamètre observé dans le rapport 0,8 pour tenir compte de la déformation due au contact entre goutte et plaque.

Enfin, toujours dans les mêmes conditions expérimentales, nous avons employé la technique de captation sur microfils de plexigum de Brun, Demon et Vasseur ([5]).

Vitesse relative du vent et de l'obstacle.	N = nombre de particules au centimètre cube.	Méthode Häusser-Strobl sans γ.	Méthode Häusser-Strobl avec γ.	Méthode Houghton-Radford sans γ.	Méthode Houghton-Radford avec γ.	Méthode de Brun, Demon et Vasseur.
$U_0 = 2,2$ m/sec...	$\leq 5\ \mu$	26	1300	4	200	6205
	$5 \leq d \leq 10$	22	330	23	349	335
	$10 \leq d \leq 20$	12	72	22	132	171
	$20 \leq d \leq 30$	4	10	7	18	24
	$30 \leq d \leq 40$	1	2	3	5	8
	$40 \leq d \leq 50$	–	–	–	–	–
Total		65	1714	59	704	6743
$U_0 = 3,8$ m/sec...	$\leq 5\ \mu$	27	965	5	178	8763
	$5 \leq d \leq 10$	26	282	19	206	264
	$10 \leq d \leq 20$	17	65	23	138	54
	$20 \leq d \leq 30$	1	2	10	25	9
	$30 \leq d \leq 40$	–	–	8	14	–
	$40 \leq d \leq 50$	–	–	–	–	–
Total		71	1314	65	561	9090

Nos résultats rassemblés dans le tableau montrent que les méthodes d'impact sur plaque sont loin de donner un ordre exact du nombre de particules contenues dans 1^{cm^3} d'aérosol malgré la correction effectuée avec les courbes de rendement de captation $\gamma = \Phi(d)$. Nous pensons que l'écart important subsistant encore après correction peut s'expliquer par l'imprécision des méthodes

([4]) *Papers in physic Ocean and Meteor. Mass. Inst. of Techn.*, 1938.

([5]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1518.

de comptage sur lame [6] et par les changements de direction des particules de masses différentes dont les trajectoires se rencontrent avant l'obstacle [7]. L'interpénétration des trajectoires particulaires diminue en effet le taux de captation surtout pour les corpuscules de faible inertie. Ceci explique pourquoi malgré l'augmentation de U_0(2,2 m/sec. à 3,8 m/sec.), il n'a pas été possible de constater une augmentation de N en accord avec les courbes de rendement de captation $\gamma = \Phi(d)$.

En résumé, notre travail montre que le fluide particulaire fictif [8], dont l'équation de continuité s'écrit $\operatorname{div} \chi \vec{U} = 0$, possède de nombreuses lignes de courant qui s'entrecroisent et créent ainsi des perturbations dans la captation des petites particules. Le phénomène est d'autant plus marqué que la vitesse $\vec{U}$ est plus grande et que le diamètre d des corpuscules est plus faible. Aucune correction ne semble donc possible pour calculer N à partir des techniques d'impact sur lame et seule la méthode de Brun, Demon et Vasseur peut fournir un résultat approché correct.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Extension de la méthode de Küssner aux profils épais*. Note de MM. **Jean-Marie Souriau** et **Jérôme Chastenet de Géry**, présentée par M. Maurice Roy.

On connaît la méthode de Küssner [1], complétée par Schwarz, qui permet d'étudier les modifications apportées à l'écoulement d'un fluide parfait et incompressible autour d'un profil plat, par de petites vibrations du profil.

Nous indiquons ici un procédé qui permet d'étendre la méthode précédente à un profil d'épaisseur quelconque autour duquel on connaît l'écoulement permanent.

L'écoulement plan et irrotationnel d'un fluide parfait et incompressible autour d'un profil du plan (x, y) est régi par l'équation de Laplace

$$\Delta\varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2},$$

$\varphi(x, y, t)$ étant le potentiel des vitesses.

---

(6) Signalons, entre autres, pour l'observation des lames d'huile les agglomérations de fines gouttelettes dues aux phénomènes de tensio-activité et pour l'observation sur lame vaselinée l'évaporation très rapide des gouttes inférieures à 5µ.

(7) Les particules d'aérosol portent en général une charge de même signe et l'approche de deux d'entre elles, de masse différente, peut provoquer un changement des trajectoires qu'il y ait agglutination ou non.

(8) Ce fluide fictif est caractérisé en un point M par sa vitesse $\vec{U}$ et sa masse spécifique χ, ses lignes de courant sont confondues avec les trajectoires des corpuscules (*Rap. Techn.*, 15, G. R. A., 1945).

(1) *Oscillations d'ailes d'avions*, Luftfahrtforschung, 1929.

Appelons φ_0 le potentiel des vitesses du régime permanent et ψ_0 la fonction harmonique associée à φ_0 et qui s'annule sur le profil.

Nous allons écrire les équations du mouvement et les conditions aux limites dans le cas général, en prenant comme variables de position les fonctions φ_0 et ψ_0 du mouvement permanent. Ceci revient à faire une application conforme de la région du plan (x, y) extérieure au profil, sur le plan (φ_0, ψ_0) privé d'un segment de l'axe des φ_0.

L'équation $\Delta\varphi = 0$ devient alors

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial\varphi_0^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial\psi_0^2} = 0.$$

Nous prendrons l'équation du profil en vibration sous la forme $\psi_0 = F(\varphi_0, t)$, la fonction F ayant deux déterminations distinctes pour les deux faces du profil.

La condition de glissement du fluide sur le profil s'écrit alors

$$\frac{\dfrac{\partial\varphi}{\partial x} - \dfrac{\partial x}{\partial\psi_0}F'_t}{\dfrac{\partial x}{\partial\varphi_0} + \dfrac{\partial x}{\partial\psi_0}F'_{\varphi_0}} = \frac{\dfrac{\partial\varphi}{\partial y} - \dfrac{\partial y}{\partial\psi_0}F'_t}{\dfrac{\partial y}{\partial\varphi_0} + \dfrac{\partial y}{\partial\psi_0}F'_{\varphi_0}}$$

ou encore en tenant compte des conditions de Cauchy

$$K^2F'_t + \frac{\partial\varphi}{\partial\varphi_0}F'_{\varphi_0} - \frac{\partial\varphi}{\partial\psi_0} = 0,$$

en posant

$$K^2 = \left(\frac{\partial x}{\partial\varphi_0}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial\varphi_0}\right)^2.$$

Pour chercher les mouvements voisins du mouvement permanent défini plus haut nous poserons

$$\varphi = \varphi_0 + \varepsilon\varphi_1(\varphi_0, \psi_0, t), \qquad F = \varepsilon F_1(\varphi_0, t),$$

ε étant une petite quantité dont nous négligerons le carré.

La condition de glissement devient alors

$$\boxed{\varepsilon\frac{\partial\varphi_1}{\partial\psi_0}(\varphi_0, 0, t) = K^2(\varphi_0, 0).\varepsilon[F_1]'_t(\varphi_0, t) + \varepsilon[F_1]'_{\varphi_0}(\varphi_0, t),}$$

tandis que l'on a encore dans le plan (φ_0, ψ_0) $\boxed{\Delta\varphi_1 = 0}$.

On est donc ramené au problème de Küssner pour un fluide fictif du plan (φ_0, ψ_0) ayant un potentiel des vitesses $\varphi_0 + \varepsilon\varphi_1$ harmonique, la composante normale $\varepsilon(\partial\varphi_1/\partial\psi_0)$ de la vitesse sur les faces du profil (qui cette fois est plat) étant connue. La formule ci-dessus la donne en effet en fonction de la transformation conforme considérée et de la fonction εF_1 définissant les vibrations du profil.

La méthode de Küssner (4) permet alors de calculer $\varepsilon\varphi_1$.

La pression additionnelle sur le profil ayant pour expression

$$-\rho\left[\varepsilon\frac{\partial\varphi_1}{\partial t}(\varphi_0, 0, t) + \varepsilon\frac{\partial\varphi_1}{\partial\varphi_0}(\varphi_0, 0, t)\frac{1}{K^2(\varphi_0, 0)} - \varepsilon[F_1]'_{\varphi_0}\frac{\frac{\partial K^2}{\partial\psi_0}}{2K^4}\right]$$

on obtiendra par intégration les efforts aérodynamiques sur le profil.

La méthode que nous venons d'exposer permet aussi d'étudier les écoulements permanents autour d'un profil quelconque voisin d'un profil connu (Joukowski, von Mises, etc.).

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'onde de choc attachée lorsque la vitesse aval à la pointe de l'obstacle est subsonique.* Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

En faisant apparaître dans l'équation de l'onde de choc des termes non analytiques, on éclaire le rôle des nombres de Mach singuliers mis en évidence dans une Note précédente (1).

Dans une Note précédente (1) (N), dont je garde les notations, j'ai envisagé l'onde de choc attachée pour un obstacle symétrique présentant en O une pointe d'angle 2ψ. En prenant l'onde de choc sous la forme

$$x = y\cot\bar{\beta} + a_{r+1}y^{r+1} + \ldots, \tag{1}$$

r étant l'ordre de la première dérivée de la courbure de l'obstacle, non nulle à la pointe et les lettres surlignées indiquant les valeurs au point O des quantités correspondantes, j'ai constaté que cette solution ne paraît satisfaisante (sens de la concavité initiale de l'onde de choc) que pour $M > M_r(\psi)$. Dans le cas de l'obstacle rectiligne, $M_r(\psi)$ est remplacé par $M^*(\psi)$, nombre de Mach pour lequel la vitesse au sommet après le choc est exactement sonique.

Je vais montrer que l'on évite toute difficulté pour $M < M_r$ (ou $M < M^*$) en envisageant par une méthode différente des solutions où interviennent des exposants non entiers.

1. Nous considérons d'abord un obstacle terminé par un segment rectiligne OI. Les équations du mouvement sont les suivantes :

$$\rho q^2\frac{\partial\theta}{\partial s} = -\frac{\partial p}{\partial n}, \qquad \rho q^2\frac{\partial\theta}{\partial n} = \left(1 - \frac{q^2}{a^2}\right)\frac{\partial p}{\partial s}. \tag{2}$$

La vitesse au point O est subsonique et nous nous plaçons au voisinage de ce point; nous supposons que, dans la région envisagée, les variations des

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 923-925.

quantités p, q et a sont suffisamment faibles pour que l'on puisse considérer que les équations (2) forment un système à coefficients constants. Nous supposons aussi que la variation de θ est faible. Les coordonnées intrinsèques peuvent alors être confondues avec un système de coordonnées cartésiennes s, n d'origine O. Avec ces hypothèses, la solution générale du système (2) est la suivante :

$$(3) \qquad \theta = \bar{\theta} + \left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{\frac{1}{2}} Q, \qquad p = \bar{p} + \bar{\rho}\,\bar{q}^2 P,$$

P et Q désignent la partie réelle et la partie imaginaire d'une fonction arbitraire $F(\zeta)$ de la variable complexe $\zeta = s[1 - (\bar{q}^2/\bar{a}^2)]^{-1/2} + in$. La fonction $F(\zeta)$ est déterminée par les conditions aux limites sur l'obstacle, et sur l'onde de choc. En posant $\zeta = re^{i\omega}$, ces conditions s'énoncent de la façon suivante :

$$1^\circ \qquad Q = 0 \quad \text{pour} \quad \omega = 0;$$

$$2^\circ \quad P = g_0(M, \bar{\theta})\left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{-1} d\beta, \qquad Q = f_0(M, \bar{\theta})\left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{-\frac{1}{2}} d\beta \qquad \text{pour} \quad \omega = \varphi,$$

avec

$$\operatorname{tg}\varphi = \left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{\frac{1}{2}} \operatorname{tg}(\bar{\beta} - \bar{\theta}).$$

Il est possible de satisfaire toutes ces conditions à l'aide d'une fonction de la forme suivante : $F_1(\zeta) = B_1\zeta^m + \ldots$. La condition sur l'obstacle exige que la constante B_1 soit réelle, tandis que les conditions sur l'onde de choc déterminent l'exposant m et la quantité $d\beta$:

$$\operatorname{tg} m\varphi = \left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{f_0(M, \bar{\theta})}{g_0(M, \bar{\theta})}, \qquad d\beta = \frac{B_1}{f_0}\left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{\frac{1}{2}} r^m \sin m\varphi.$$

On démontre les résultats suivants : lorsque le nombre de Mach amont M croît de la valeur $M_0(\psi)$ jusqu'à la valeur $M^*(\psi)$, l'exposant m croît de zéro jusqu'à l'infini; les valeurs de M pour lesquelles m est un nombre entier sont précisément les nombres $M_1(\psi)$, $M_2(\psi)$, ..., $M_r(\psi)$, ... obtenus par des considérations différentes dans la Note (N). L'onde de choc au voisinage du point O est représentée par le développement

$$(4) \qquad x = y \operatorname{cotg}\bar{\beta} + A_1 y^{1+m} + \ldots.$$

La détermination approchée du coefficient A_1 montre que ce coefficient est positif, de sorte que la relation (4) donne un ordre de choc convexe vers l'amont.

Pour la solution (3), on justifie *a posteriori* les approximations que l'on a faites pour résoudre le système (2).

2. Dans le cas d'un obstacle admettant en son sommet un rayon de courbure fini, non nul, il convient de prendre $F(\zeta) = F_1(\zeta) + F_2(\zeta)$, avec $F_2(\zeta) = B_2\zeta + \ldots$ et l'équation cartésienne de l'onde de choc sera de la forme

(5) $$x = y \operatorname{cotg} \overline{\beta} + A_1 y^{1+m} + \ldots + A_2 y^2 + \ldots.$$

D'après les résultats obtenus précédemment sur la variation de m, pour $M < M_1(\psi)$, c'est le terme non analytique qui est prépondérant et l'onde de choc possède au point O un rayon de courbure nul; pour $M > M_1(\psi)$ c'est le terme en y^2 qui est principal et en calculant le rayon de courbure de l'onde de choc au point O, on retrouve l'expression obtenue dans la Note (N).

On traite d'une façon analogue le cas d'un obstacle dont la courbure et les r premières dérivées de la courbure par rapport à l'abscisse curviligne sont nulles au point O. Le terme non analytique reste prépondérant aussi longtemps que $M < M_r(\psi)$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Une explication d'un point resté énigmatique dans les expériences de R. Lennuier.* Note (*) de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

On admet que l'émission de la fréquence de résonance ν_0 sous l'excitation d'une fréquence ν_1 voisine, mais distincte, est l'aspect secondaire d'un effet Raman atomique, au sens généralisé de Feynman; on explique les intensités comparables de la raie ν_0 pour les deux signes de $\nu_2 = \nu_0 - \nu_1$ par la superquantification des ondes ν_2 et le grand nombre des photons thermiques ν_2.

R. Lennuier a montré par la théorie et l'expérience qu'une raie de résonance atomique $\nu_0 = \nu_B - \nu_A$ est excitée, en même temps que la raie Rayleigh, par une radiation incidente ν_1 voisine, mais spectralement distincte; il a établi aussi que, tandis que la durée de la transition Rayleigh est de l'ordre de $|\nu_0 - \nu_1|^{-1}$, en accord avec la quatrième relation d'incertitude, celle de la transition de résonance est la vie naturelle de la raie ν_0; ceci l'a incliné à concevoir le second processus comme double, formé de la transition $\nu_A \rightarrow \nu_B$ induite par le rayonnement ν_1, puis de la transition $\nu_B \rightarrow \nu_A$ émettant la raie ν_0 (1). La théorie quantique, en tout cas, se voit obligée d'écarter le paradoxe d'un *défaut systématique à la conservation de l'énergie* $h(\nu_0 - \nu_1)$ se répétant sur tous les processus individuels. Pour ce faire, une idée naturelle dans le cas $\nu_1 > \nu_0$ est d'assimiler le processus primaire de Lennuier à une diffusion Raman où la fréquence, très basse et inobservée, $\nu_1 - \nu_0$ serait émise lors de la transition $\nu_A \rightarrow \nu_B$ (2); alors, dans le cas symétrique $\nu_1 < \nu_0$, il devrait y avoir

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *Ann. Phys.*, 2, 1947, p. 233-332.

(2) Nous croyons nous souvenir que M. le Professeur F. Perrin avait proposé cette idée à la soutenance de thèse de M. R. Lennuier.

absorption de la fréquence très basse $\nu_0 - \nu_1$, laquelle devrait être présente dans le rayonnement thermique avec l'intensité suffisante ([3]); nous nous proposons ici de montrer que ce principe d'explication de l'effet découvert par Lennuier est satisfaisant.

Considérons, au sens de Feynman ([4]), l'*effet Raman généralisé*

$$(1) \qquad \nu_1 + \nu_2 = \nu_0, \qquad \nu_0 = \nu_B - \nu_A,$$

où la transition atomique $\nu_A \rightarrow \nu_B$ met en jeu deux photons ν_1 et ν_2; suivant que ν_1 et ν_2 ont des signes contraires ou semblables, il s'agit d'un véritable effet Raman ou d'une double absorption ou émission. La formule classique de l'effet Raman atomique ([5]) est insensible aux signes relatifs de ν_1 et ν_2, et peut être écrite sous la forme superquantifiée

$$(2) \qquad n_1 \left\{ \iiiint_\Omega P_{12}\, \delta\omega \right\} n_2, \qquad \Omega = VT;$$

cette expression représente la probabilité de la transition d'onde plane polarisée photonique $n_1, q_1, e_1 \rightarrow n_2, q_2, e_2$ lors de la transition atomique $\nu_A \rightarrow \nu_B$, dans le volume V et le temps T; il faut remarquer que les nombres n sont attachés non seulement à une onde q, e, *mais aussi à une cellule h^4 de l'extension en phase*; en effet, si l'on sait simplement d'un photon qu'il a été émis ou absorbé dans le volume V et le temps T, son impulsion-énergie postérieure ou antérieure est affectée des incertitudes correspondantes de Heisenberg.

Soit alors $\bar{n}(\Theta, \nu)$ le nombre moyen de photons présents sur la fréquence ν et dans une cellule h^4 ([6]) à la température absolue Θ sur une onde plane polarisée du rayonnement isotrope d'équilibre thermique; pour deux valeurs opposées de la fréquence ν_2, les coefficients n_2 seront dans le rapport $1 + 1/\bar{n}$, avec

$$(3) \qquad \bar{n} = \left(\exp \frac{h\nu}{k\Theta} - 1 \right)^{-1}.$$

([3]) Cette suggestion nous fut faite, alors que nous y songions nous-même, par M. le Professeur J. A. Wheeler.

([4]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 769-789; *voir* aussi notre Note aux *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1637.

([5]) W. Heitler, *The quantum theory of radiation*, 2e édit., Oxford, 1950, p. 132; L. de Broglie, *La mécanique ondulatoire du photon*, 2, Paris, 1942, p. 104.

([6]) P désignant un domaine de l'espace des impulsions, VP/h^3 représente, on le sait, le nombre des états distincts dans le volume V; par ailleurs, TW/h représentant visiblement un nombre de transitions d'annihilation ou de création discernables dans la durée T, l'expression $\Omega\Phi/h^4$ ($\Omega = VT$, $\Phi = PW$) représente le nombre total des transitions d'annihilation ou de création photoniques distinctes dans le volume V et le temps T; ainsi se confirme le fait que, lorsqu'on passe de la considération des *états* à celle des *transitions*, les intégrales triples du genre espace sont remplacées par des intégrales quadruples d'Univers; cette remarque nous paraît avoir de l'intérêt pour le problème de la réconciliation des formalismes relativiste et quantique.

Dans les expériences de Lennuier, les ν_2 sont de l'ordre de 1 à 4.10^9 sec^{-1}, et les intensités de la raie de résonance ν_0 sont tout à fait comparables pour des valeurs opposées de ν_2; comme, dans ces conditions, pour $\Theta = 300°K$, $n_2 = \bar{n}$ a des valeurs de l'ordre de 1600 à 6400, nous pensons pouvoir conclure que les traits principaux de l'effet Lennuier s'expliquent par la théorie superquantifiée d'un effet Raman atomique (généralisé au sens de Feynman) et par la prise en considération des photons thermiques (7); remarquons que même à des températures très basses, le rapport $1/\bar{n}$ resterait très petit, et qu'il est impossible de l'augmenter en écartant ν_1 de ν_0, car alors l'ensemble du phénomène disparaît. Mais une autre vérification semble possible : on pourrait d'abord limiter le nombre des vibrations propres, donc le nombre *total* des photons attachés à la fréquence ν_2, en enfermant tout le dispositif dans une cavité résonante accordée sur cette fréquence hertzienne décimétrique; ensuite, on pourrait exciter la fréquence ν_2 et vérifier que l'intensité de la raie diffusée ν_0 augmente avec l'intensité d'excitation.

ASTRONOMIE. — *Enregistrement de profils lunaires.*
Note de M. **Théophile Weimer**, présentée par M. André Danjon.

Loin d'avoir une forme géométrique simple, le contour de notre satellite présente, au contraire, de nombreuses aspérités. Une description détaillée de ces aspérités serait très utile pour améliorer les résultats déduits des observations d'occultations d'étoiles par la Lune.

Mais le profil lunaire n'est pas quelque chose d'immuable; son aspect varie constamment en raison du phénomène de la libration. Il s'agit dès lors d'obtenir des profils correspondant à diverses valeurs de la libration.

Dans la collection de clichés pris par Lœwy et Puiseux au grand équatorial coudé de l'Observatoire de Paris, nous trouvons les matériaux nécessaires à ce travail. Des mesures micrométriques faites sur ces clichés permettraient le tracé de contours. Cette manière de procéder serait longue et exposerait à des erreurs (lecture du micromètre, transcription des chiffres). Pour aboutir rapidement et sûrement, il est préférable d'avoir recours à une méthode d'enregistrement.

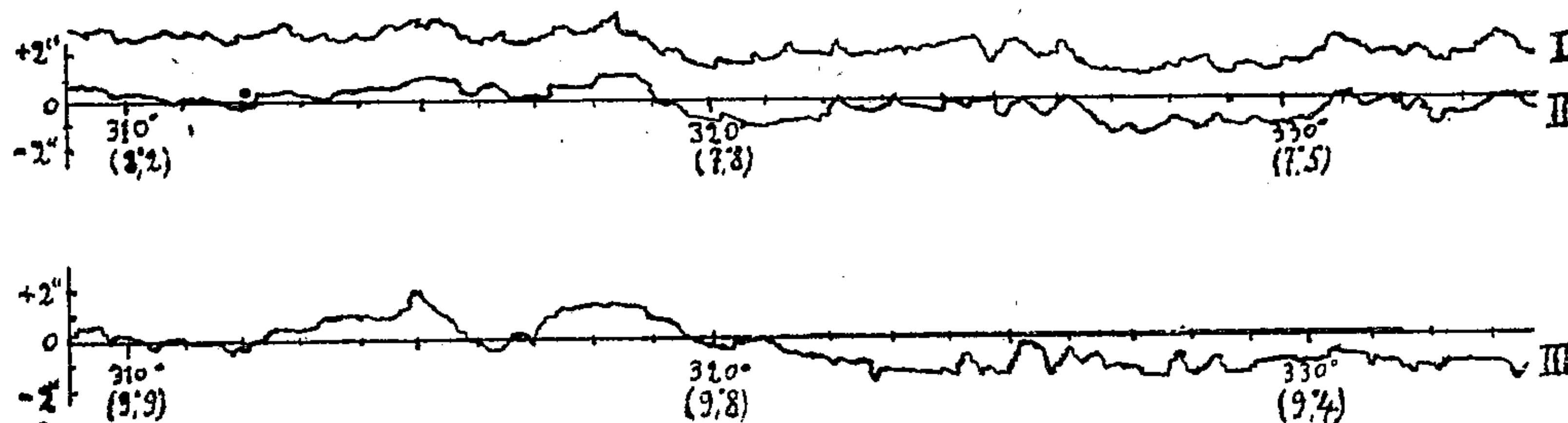
L'utilisation d'une cellule photoélectrique soulève des problèmes délicats. En effet, la variation de l'intensité d'un mince faisceau de lumière explorant le bord de l'image lunaire ne traduit fidèlement les irrégularités de ce bord, que si celui-ci constitue une frontière entre une plage uniformément sombre et une autre uniformément claire. Or, ce n'est pas le cas pour les clichés de la

(7) Un autre exemple de la présente correspondance entre la superquantification et la statistique des photons thermiques se trouve dans L. de Broglie, *La mécanique ondulatoire du photon*, 1, Paris, 1940, p. 273-278.

Lune : de petites taches sombres ou claires (mers ou cratères) se trouvent très près du bord, et donneraient sur un enregistrement photoélectrique des dénivellations factices.

Voici la méthode, purement visuelle (il serait très facile de la transformer en méthode photographique), que nous avons utilisée. Elle constitue une application de la chambre claire.

Des mesures préliminaires nous fournissent le centre de l'image de la Lune. Le cliché est assujetti à tourner dans son plan autour d'un axe vertical passant par ce centre. Ce mouvement commande la rotation d'un petit cylindre autour d'un axe horizontal. Le cylindre, qui est muni de petites pointes, fait avancer



une bande de papier. L'avance est de 5^{mm} lorsque le cliché tourne de 1°. Un microscope coudé, muni de la chambre claire, permet de voir simultanément le papier et l'image du bord de la Lune. Il suffit dès lors, de faire tourner la plaque et de maintenir la pointe d'un crayon, astreint à décrire la génératrice supérieure du petit cylindre, en contact avec l'image du bord pour obtenir le tracé de ses dénivellations. L'ensemble est évidemment réglé pour que l'image d'un rayon du disque lunaire coïncide avec l'image de la génératrice supérieure du cylindre.

Nous présentons ci-contre trois enregistrements obtenus dans ces conditions :

I. Cliché du 10 décembre 1894 : $l = -5°,972$, $a = -4°,913$ (l, libration en longitude; b, libration en latitude).

II. Même cliché, enregistrement obtenu 24 heures après le I.

III. Cliché du 4 mars 1895 : $l = -7°,164$, $b = -6°,433$.

Les coordonnées sélénographiques P et D telles qu'elles sont définies par Hayn (¹) sont données : P, par la graduation sur l'axe des abscisses; D, par le chiffre entre parenthèses. Les ordonnées donnent les dénivellations par rapport à un contour moyen : 2^{mm} correspondent à $1''$, soit environ 2^{km} sur la Lune.

Les tracés I et II présentent un parallélisme bien marqué, ce qui prouve la stabilité de notre appareil. Mais les fines indentations sont différentes sur I et II; elles n'ont pas d'existence réelle, mais elles donnent une indication sur la précision des tracés.

(¹) SELEN. Koord. III, IV *Abh. König. Sächs. Gesellschaft der Wissen.*, Leipzig.

La comparaison des graphiques II et III est plus instructive. Malgré des librations sensiblement différentes pour ces deux clichés, nous retrouvons la même allure générale et certains accidents caractéristiques. Le détail et la hauteur des aspérités sont évidemment différents. Pas assez cependant pour interdire l'interpolation pour des valeurs intermédiaires de la libration.

ASTROPHYSIQUE. — *Le spectre de la Nova Lacertæ* 1950. Note (*) de Mlles **Marcelle Barbière, Yvette Ribelaygue**, MM. **Georges Courtès** et **Charles Fehrenbach**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons commencé à observer cette nova (1) à l'Observatoire de Haute Provence, peu après sa découverte.

Nous donnons ici les résultats préliminaires d'une étude de spectres à faible dispersion, obtenus, pour une bonne part, avec la collaboration technique de M. Mévolhon.

Notre premier spectre du 27 janvier $19^h 15^m$ TU, montre les raies H, NaI, FeII, TiII, CaI, OI. Ces raies ont une structure relativement simple, une émission très peu déplacée, et bordée vers le violet par une forte absorption (I) dont la vitesse est de — 865 km/sec.

Les spectres des jours suivants, mieux exposés, permettent d'identifier aussi les éléments ScII, CrII, VII, CaII, SrII; tous ces éléments correspondent à des potentiels d'ionisation inférieurs à 17 V.

La structure des raies a souvent varié du 28 janvier au 2 février. On observe en plus du système I les deux systèmes — 1230 km/sec (II) et — 1440 km/sec (III). Le 7 février, après une interruption des observations, nous trouvons une structure très différente, deux systèmes déplacés de — 1060 km/sec et — 1770 km/sec, le 6 mars, on observe deux systèmes à — 1240 (II) et à — 2080 km/sec.

On observe les variations régulières suivantes :

Les raies D de NaI disparaissent graduellement et sont très faibles au milieu de février. Les raies des métaux ionisés FeII, TiII, etc. diminuent régulièrement d'intensité et au milieu de mars, seules les fortes raies de Fe II sont encore visibles.

Les raies rouges de [OI] 6300 et 6363 Å sont à peine soupçonnables le 27 janvier et apparaissent légèrement sur nos spectres du 28 janvier; elles sont très nettes actuellement (7 mai).

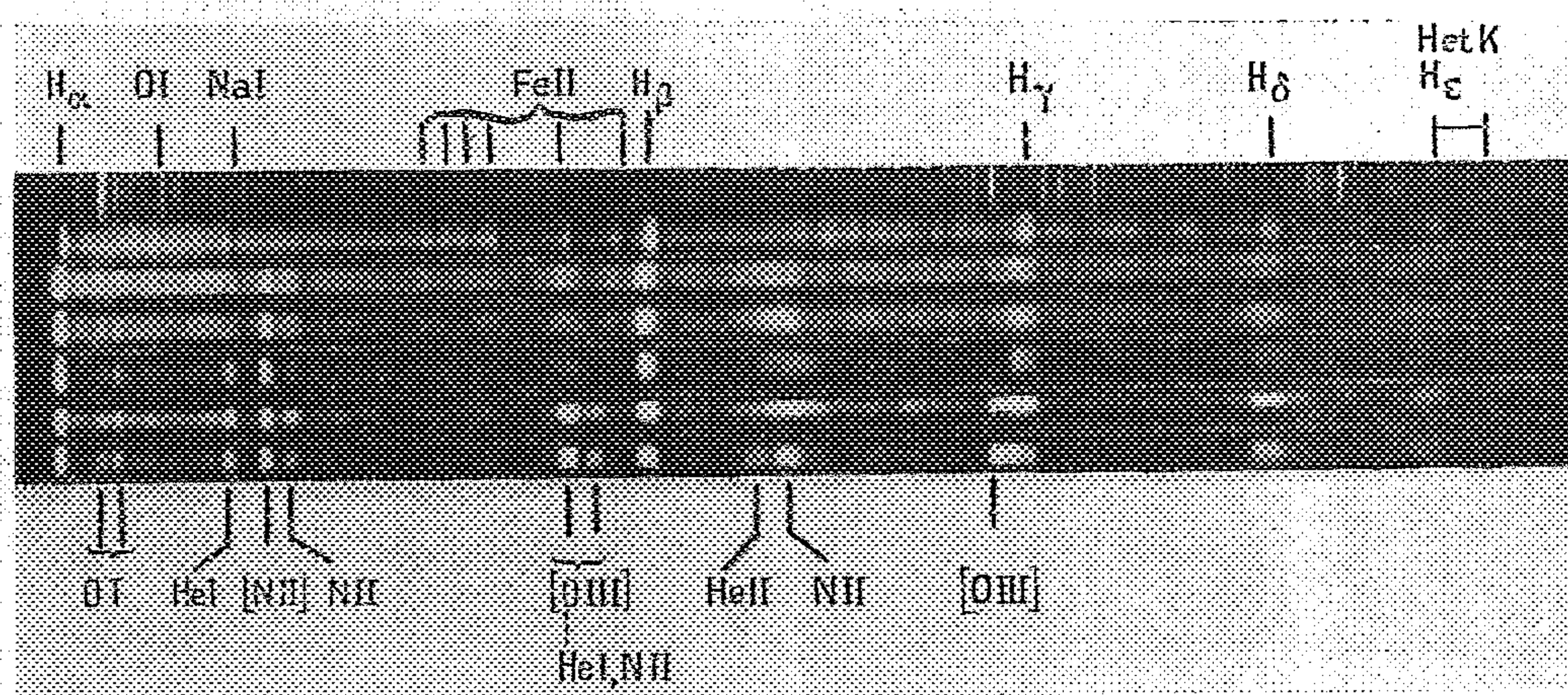
La raie verte de [OI] 5577 Å invisible le 27 janvier, passe par un maximum vers le 17 février et disparaît au début de mars.

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) Ch. Bertaud, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 622.

La raie 5740 Å de [NII] apparaît faiblement le 7 février et augmente progressivement d'intensité pour devenir une des raies les plus fortes du spectre, en même temps apparaissent de nombreuses raies de NII et OII, notamment le groupe intense vers 4640 Å.

Au début d'avril, les trois raies 5007, 4959, 4363 Å de [OIII] sont très nettes, mais la raie 5007 est beaucoup plus forte que les deux autres, nous pensons qu'elle est mélangée avec les raies 5015 de HeI et 5001 et 5025 de NII. D'ailleurs un spectre du 15 mars avait déjà montré les raies de [OIII].



Spectres des 27 janvier, 6 mars, 13 mars, 14 mars, 8 avril et 29 avril 1950.

Les variations les plus intéressantes sont celles de HeI. Cet élément apparaît nettement en absorption sur nos spectres du 7 février et subsiste sans changement notable jusqu'à la fin de février, mais notre spectre du 1er mars montre une forte émission vers 5875 Å qui, encore observable le 2 mars, a complètement disparu le 6 mars. A cette date l'hélium réapparaît fortement en absorption.

Ces fluctuations continuent dans la suite, la raie 5875 de He réapparaît en émission le 9 juin, le 14 et le 15 mars et enfin à partir du 6 avril. Dans l'intervalle, le spectre de He est en absorption le 13 mars, puis du 22 au 25 mars.

Cette variation extrêmement importante du spectre et qui est très visible sur nos spectres ne se limite pas à la raie 5875 de HeI; en effet lorsque cette raie existe en émission on constate la présence de la raie 5679 de NII et le groupe 4640 est très fortement développé et sans absorption vers le violet (spectre du 14 mars). Au contraire, lorsque l'hélium apparaît en absorption, toutes les raies d'absorption sont bien développées et le système 4640 présente deux systèmes d'absorption : l'un très peu déplacé, l'autre fortement déplacé vers le violet (V = — 740 km/sec).

Ces variations sont en relation certaine avec les fluctuations d'éclat de

l'étoile. Les émissions des 1, 2 mars; 9 mars; 14 et 15 mars et 6 avril correspondent à des minima secondaires; les absorptions des 6-8 mars; 13 mars et du 22-25 mars correspondent à des maxima secondaires.

Le 29 avril, apparaît une raie large vers 4685 Å que nous attribuons à HeII.

Les raies interstellaires de CaII et NaI ont été bien observées dans les clichés du début suffisamment posés, mais les vitesses radiales ne sont pas très bonnes. Nous pensons que les absorptions stellaires les perturbent. La moyenne de nos mesures est — 32,0 ± 5 km/sec.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la quantification du champ métrique et les interactions particules-champs.* IV. *Application au spectre de l'hydrogène.* Note (*) de M. ANTONIO GIÃO, présentée par M. Louis de Broglie.

En introduisant dans les équations relativistes de l'électron les potentiels quantifiés déduits précédemment, on montre que la structure hyperfine du spectre peut être attribuée à l'interaction de l'électron avec les champs propres non coulombiens du proton.

Nous allons essayer d'expliquer la structure hyperfine du spectre de l'hydrogène en introduisant les potentiels trouvés précédemment (¹) dans les équations de Dirac. Pour des ondes monochromatiques dans un champ électrique pur, ces équations (²) s'écrivent

$$(1)\qquad \left[\frac{1}{c}(W+\varepsilon V)-\frac{h}{2\pi i}\sum_{1}^{3}\alpha^j\frac{\partial}{\partial x^j}+\alpha_4 m_0 c\right]\psi_k=0\qquad (k=1,\ 2,\ 3,\ 4),$$

ε étant la charge et $W\equiv E+m_0c^2$ l'énergie de l'électron. Pour un ensemble de valeurs des quatre nombres quantiques qui déterminent les ψ_k, l'état correspondant du système électron-proton peut appartenir à l'une quelconque des trois classes définies précédemment (¹), de sorte que, d'accord avec les résultats de la Note III, le potentiel quantifié V_m qu'il faut utiliser dans (1) a la forme

$$(2)\qquad V_m=\frac{\varepsilon}{r}(k_{1m}e^{-\gamma_1 r}+k_{2m}e^{-\gamma_2 r}+k_{3m}).$$

[Remarquons d'une part que m symbolise ici l'ensemble des 4 nombres quantiques et d'autre part que V_m, n'étant pas une grandeur observable $\langle V\rangle$, ne reste pas nécessairement fini pour $r\to 0$. Nous poserons d'ailleurs $k_{1m}+k_{2m}+k_{3m}=1$, condition compatible avec les conditions fondamentales (*cf.* III) $\sum_l\sum_m c_{lm}^2\equiv 1$ et $\sum_l\sum_m c_{lm}^2 k_{lm}=0$].

(*) Séance du 15 mai 1950.

(¹) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 278, 434, 1740; Prière de se reporter à ces Notes pour la bibliographie et les notations.

(²) *Cf.* L. de BROGLIE, *L'électron magnétique*. Nous suivons autant que possible le Chapitre XVII de cet Ouvrage.

Posons

(3) $$A^2 = \frac{2\pi}{h}\left(m_0 c + \frac{W}{c}\right), \qquad B^2 = \frac{2\pi}{h}\left(m_0 c - \frac{W}{c}\right), \qquad \alpha = \frac{2\pi\varepsilon^2}{ch},$$

et admettons, comme dans le cas coulombien ([2]), que ψ est le produit d'une fonction sphérique de Laplace par une fonction de r. Les parties radiales F et G des ψ_k satisfont alors ([2]) aux équations ([3])

(4) $$\left\{\begin{aligned} &\left[A^2 - \frac{\alpha}{r}(k_{1m}e^{-\eta_1 r} + k_{2m}e^{-\eta_2 r} + k_{3m})\right]F + \frac{dG}{dr} - \frac{l}{r}G = 0,\\ &\left[B^2 + \frac{\alpha}{r}(k_{1m}e^{-\eta_1 r} + k_{2m}e^{-\eta_2 r} + k_{3m})\right]G + \frac{dF}{dr} + \frac{l+2}{r}F = 0,\end{aligned}\right.$$

lorsque le nombre quantique j est de la forme $l+(1/2)$. [Pour $j = l-(1/2)$ les équations correspondantes s'obtiennent en changeant l en $-(l+1)$]. Posons d'une part

$$F = e^{-ABr}\Sigma a_s r^{\gamma+s}, \qquad G = e^{-ABr}\Sigma b_s r^{\gamma+s},$$

et d'autre part

(5) $$\left\{\begin{aligned} \theta_{mp}^{(a)} &= \frac{1}{a_p}\sum_0^p{}_\mu \frac{(-1)^{p-\mu}}{(p-\mu)!}a_\mu\left(k_{1m}\eta_1^{p-\mu} + k_{2m}\eta_2^{p-\mu} + k_{3m}\delta_{p\mu}\right),\\ \theta_{mp}^{(b)} &= \frac{1}{b_p}\sum_0^p{}_\mu \frac{(-1)^{p-\mu}}{(p-\mu)!}b_\mu\left(k_{1m}\eta_1^{p-\mu} + k_{2m}\eta_2^{p-\mu} + k_{3m}\delta_{p\mu}\right),\end{aligned}\right.$$

p étant la valeur de s telle que $a_s = b_s = 0$ pour $s > p$ (afin que F et G restent finis pour $r \to \infty$). En développant les exponentielles de (4), un calcul analogue au calcul du cas coulombien ([2]), conduit à la formule suivante des niveaux d'énergie

(6) $$\frac{E}{m_0 c^2}\left(\frac{\theta_{mp}^{(a)} + \theta_{mp}^{(b)}}{2}\right) = \left[1 + \frac{\alpha^2}{\left[p + \sqrt{\left(j+\frac{1}{2}\right)^2 - \alpha^2}\right]^2}\right]^{-\frac{1}{2}} = \frac{E_c}{m_0 c^2},$$

en désignant par E_c les niveaux d'énergie dans le cas coulombien et en tenant compte de la condition $\theta_{mp}^{(a)} \simeq \theta_{mp}^{(b)} \simeq 1$. On voit donc que la structure hyperfine peut être traitée comme une petite perturbation de l'énergie propre de l'électron due à son interaction avec les champs propres non coulombiens du proton. Par une transformation $x^i \to \bar{x}^i$ telle que $\partial\bar{x}^4/\partial x^4 = r/\bar{r}(k_{1m}e^{-\eta_1 r} + k_{2m}e^{-\eta_2 r} + k_{3m})$, les équations (1) deviennent

(7) $$\left[\frac{1}{c}\left(W + \frac{\varepsilon}{\bar{r}}\right) + \vec{\alpha}.\left(\frac{\varepsilon}{c}\vec{A} - \frac{h}{2\pi i}\bar{\nabla}\right) + \alpha_4 m_0 c\right]\bar{\psi}_k = 0,$$

([3]) Il ne faut pas confondre l'entier $l = 0, 1, 2, \ldots$, dans les équations (4) avec l'indice $l = 1, 2, 3$ utilisé dans les Notes antérieures.

avec $A^i = V_m \partial x^i / \partial x^4$. On peut donc prendre $(\varepsilon/c)\vec{\alpha}.\vec{A}$ comme hamiltonien d'interaction et appliquer à la détermination de $\theta^{(a)}_{mp} + \theta^{(b)}_{mp}$ les méthodes qui déterminent l'influence du rayonnement de l'électron sur son énergie propre ([4]). Les résultats numériques sont indépendants de l'origine de $\vec{A}$.

THERMODYNAMIQUE. — *Étude spectrographique de la dissolution du phénanthrène dans l'azote, l'argon et l'hydrogène comprimés jusqu'à* 1200 kg/cm². Note (*) de MM. **Stéphane Robin** et **Boris Vodar**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une précédente publication ([1]) nous avions rappelé l'attention sur la solubilité des solides dans les gaz comprimés [*cf.* ([2]), ([3])] en montrant que la concentration du phénanthrène contenu dans l'azote ou l'argon comprimés en présence du phénanthrène solide croît rapidement avec la pression.

Nous avons étudié quantitativement ce phénomène en évaluant les masses de phénanthrène à l'aide de la densité optique des bandes d'absorption ultraviolettes. L'azote et l'argon sont comprimés par réchauffement du gaz liquéfié; l'hydrogène, par refoulement de mercure. Les bombes d'absorption (longues de 0,5 à 400^{mm}) sont en acier inoxydable avec fenêtres en quartz montées par simple contact optique sur une embase métallique et les joints, en plomb ou en argent; toutes les pièces subissent un étuvage à 300° C avant assemblage. Dans ces conditions, l'azote et l'argon purs à 1200 kg/cm² et sous 400^{mm} sont transparents au-dessus de 2000 Å ([4]).

Notre mesure des concentrations repose sur la loi de Beer dont la validité est incontestable aux concentrations très faibles de nos solutions. Mais la densité optique d'une bande donnée ne donne pas directement la variation de la concentration avec la pression, car il faut tenir compte de l'effet spécifique de la pression sur l'intensité et la position de cette bande. Cet effet, déjà décrit ([1]), est donné par l'étude des solutions non saturées dont la concentration en grammes par centimètre cube est constante. Ces solutions sont réalisées en introduisant dans la bombe un cylindre de verre sur lequel est déposé, par évaporation d'une solution titrée dans l'éther de pétrole, une

---

([4]) *Cf.* N. M. Kroll et W. E. Lamb jr, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 388-398; J. B. French et V. F. Weisskopf, *ibid.*, 75, 1949, p. 1240-1248.

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) B. Vodar et S. Robin, *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 996.

([2]) M. P. Villard, *J. Phys.*, 5, 1896, p. 453.

([3]) G. M. A. Diepen, *Thèse*, Delft, Pays-Bas, 1947.

([4]) Initialement, les conditions de propreté n'étaient pas aussi parfaites, nous trouvions une absorption ultraviolette de l'azote ([5]) qui était due en réalité à la dissolution de traces infinitésimales de matières grasses.

([5]) S. Robin, B. Vodar et G. Philbert, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 495.

certaine masse de phénanthrène qui est de l'ordre de 10^{-6} g. Une vingtaine d'expériences avec des concentrations différentes conduisent à des courbes superposables à un facteur près; la méthode employée donne une valeur de la solubilité à un facteur près; la valeur absolue est fournie approximativement par la masse employée pour faire les solutions non saturées et aussi par la comparaison avec le spectre d'une solution de concentration connue dans le cyclohexane.

La figure 1 représente les variations à diverses températures de $\log_{10} m$, m étant la masse dissoute par centimètre cube de gaz comprimé, en fonction de la densité ρ des gaz solvants. Dans tous les cas étudiés, nous avons trouvé que

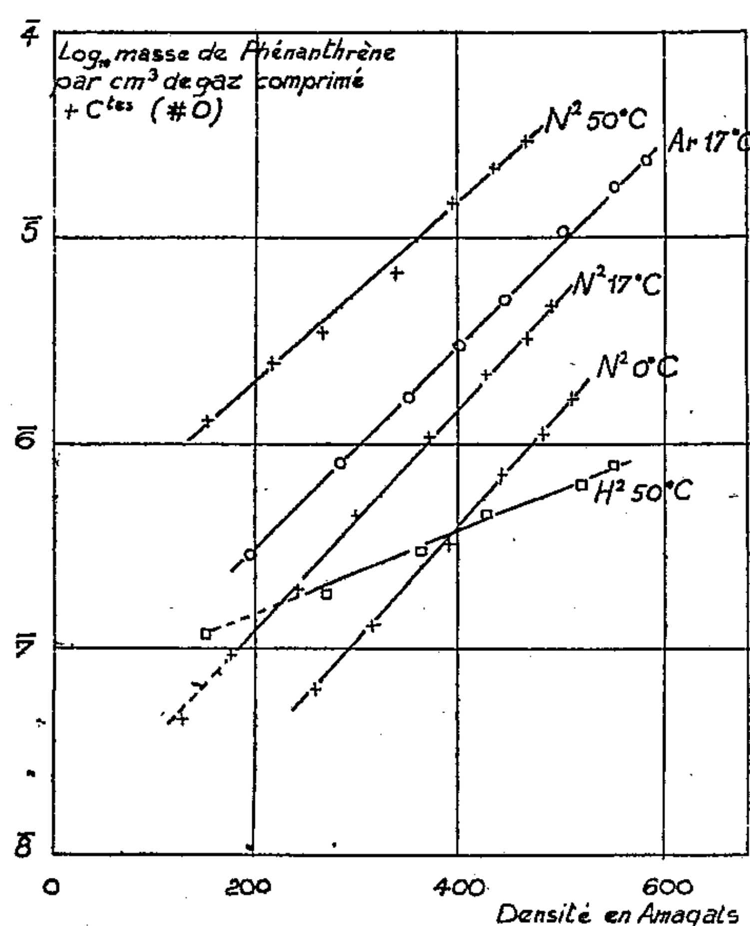


Fig. 1.

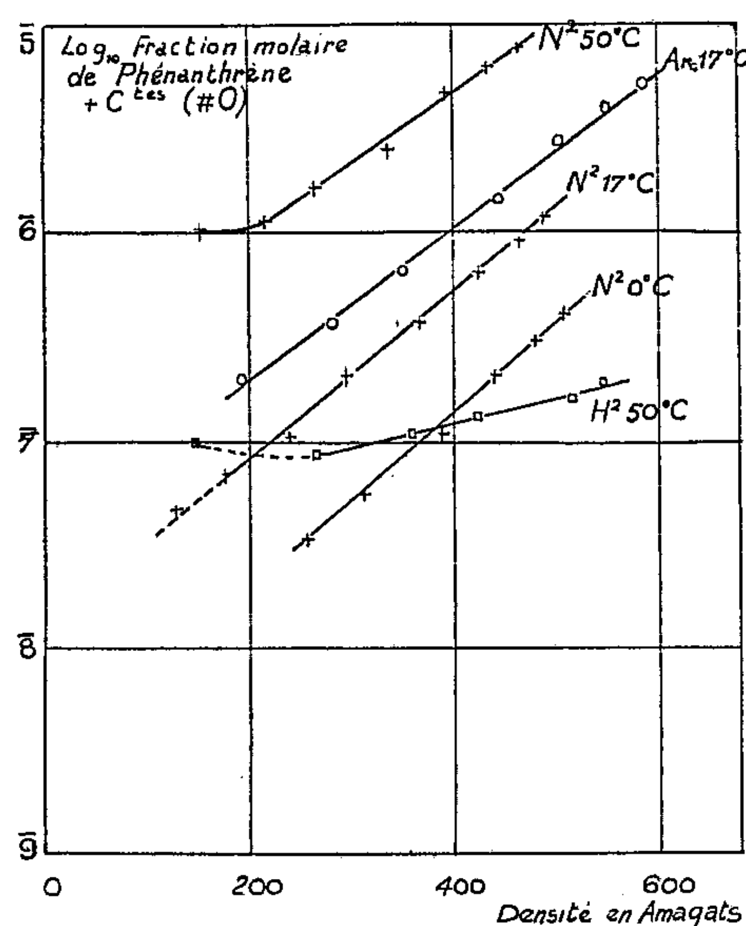


Fig. 2.

ces variations sont linéaires dans la limite des erreurs. Celles-ci, en valeur relative, sont sensiblement indépendantes de m; elles sont assez élevées (± 5 % environ). (Les constantes relatives à H_2 et Ar peuvent différer légèrement de celle relative à N_2 qui reste la même lorsque t varie).

La figure 2 donne les variations du $\log_{10}$ de la fraction molaire x en fonction de la densité. Vers les faibles pressions, on remarque cependant une courbe avec un minimum. L'existence d'un tel minimum aux basses pressions doit être générale car x tend vers 1 quand ρ tend vers zéro.

Donc, dans le domaine des densités étudiées, la relation m (ou x) et ρ pour un gaz donné est à peu près exponentielle

$$m = \text{const.}\rho^{n} e^{\alpha\rho} \qquad \text{ou} \qquad x = \text{const.}\rho^{n-1} e^{\alpha\rho}.$$

La précision des mesures ne permet pas de déterminer n, mais montre toutefois que sa valeur absolue est faible. Les résultats des travaux antérieurs sur

les systèmes $C_6H_6—N_2$ (6) et $I_2—CO_2$ (7), recalculés par nous, concordent à peu près avec la relation ci-dessus. Le fait que *m* dépend du gaz prouve que le phénomène observé ne saurait être dû uniquement à une variation de la tension de vapeur avec la pression suivant la relation de Poynting. Un essai d'interprétation sera donné ultérieurement.

MAGNÉTISME. — *Variation thermique de l'aimantation spontanée des ferrites de nickel, cobalt, fer et manganèse.* Note de M. **René Pauthenet**, présentée par M. Aimé Cotton.

La variation thermique de l'aimantation spontanée des ferrites a été peu étudiée jusqu'ici. Pour la variation complète, on ne possède que d'anciennes mesures de P. Weiss sur la magnétite (1). Aux basses températures et jusqu'à la température ordinaire, la magnétite a été reprise par P. Weiss et R. Forrer (2), tandis que Ch. Guillaud a étudié les ferrites de Mn et de Co (3) ainsi que les ferrites mixtes de nickel et de zinc (4). Afin d'éprouver la validité de la théorie du ferrimagnétisme proposée récemment par L. Néel (5), nous avons repris cette étude jusqu'au point de Curie pour un grand nombre de ferrites et cette Note donne les résultats obtenus pour la magnétite naturelle et les ferrites de Ni, Co et Mn, préparés par M. Bochirol.

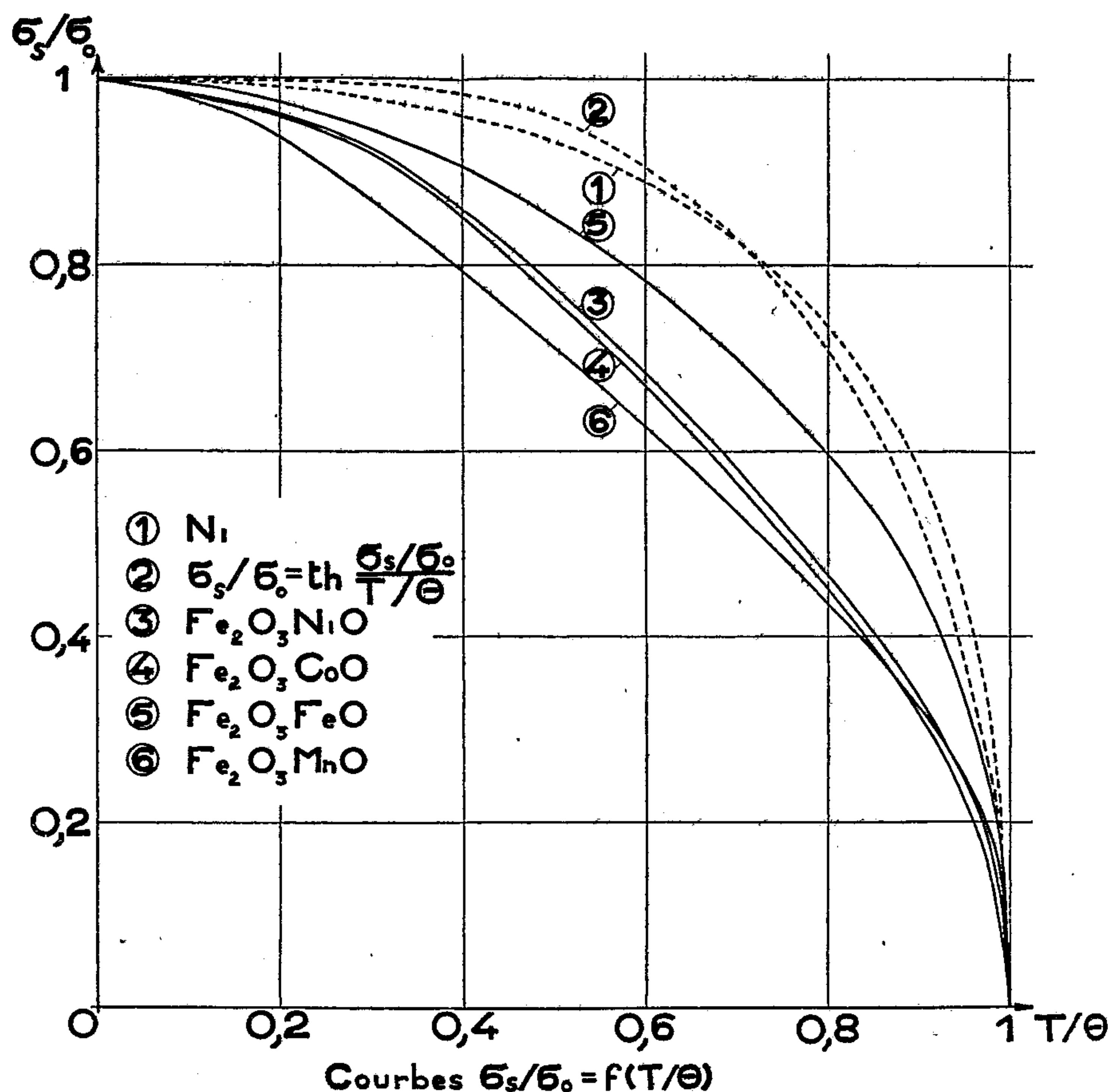
Les aimantations ont été mesurées par la méthode d'extraction axiale décrite par P. Weiss et R. Forrer (6), avec un champ maximum de 20 000 Œ et une correction maximum d'images magnétiques de 5,5 %. L'aimantation spontanée σ_s à une température donnée a été obtenue en extrapolant vers l'abscisse nulle la courbe représentant l'aimantation spécifique σ en fonction de l'inverse 1/H du champ. La précision est de l'ordre de 1/1000 quand la variation est linéaire, ce qui se produit généralement sauf au voisinage du point de Curie, ou à basse température dans le cas de Fe_2O_3CoO, pour lequel par exemple la loi d'approche linéaire n'est valable à 284° K que dans des champs très forts, supérieurs à 14 000 Œ.

De nos mesures, nous avons déduit le point de Curie ferromagnétique θ ainsi que l'aimantation à saturation σ_0 au zéro absolu : σ_S est en effet, à basse température, une fonction linéaire de T^2 ou de $T^{3/2}$, ce qui facilite l'extrapolation. Le

(6) I. Krichevsky et D. Gamburg, *Acta Phys. U. R. S. S.*, 16, 1942, p. 362.
(7) H. Braune et F. Strassmann, *Z. f. Phys. Chem.*, A, 143, 1929, p. 225.

(1) *J. Phys.*, 6, 1907, p. 661.
(2) *Ann. Phys.*, 12, 1929, p. 330.
(3) Ch. Guillaud et H. Creveaux, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1256.
(4) Ch. Guillaud et M. Roux, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1133.
(5) *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 137.
(6) *Ann. Phys.*, 5, 1926, p. 153.

tableau I résume les résultats obtenus : on y a indiqué notamment le moment à saturation μ rapporté à la molécule Fe_2O_3MO, exprimé en magnétons de Bohr ($1\mu_B = 5.585$). Nous avons également représenté nos résultats sur la



Courbes $\sigma_s/\sigma_0 = f(T/\Theta)$

figure 1, en coordonnées réduites σ_s/σ_0 en fonction de T/Θ. A titre de comparaison, nous avons aussi indiqué la variation thermique de l'aimantation à saturation du nickel, ainsi que la courbe théorique relative à $j = 1/2$.

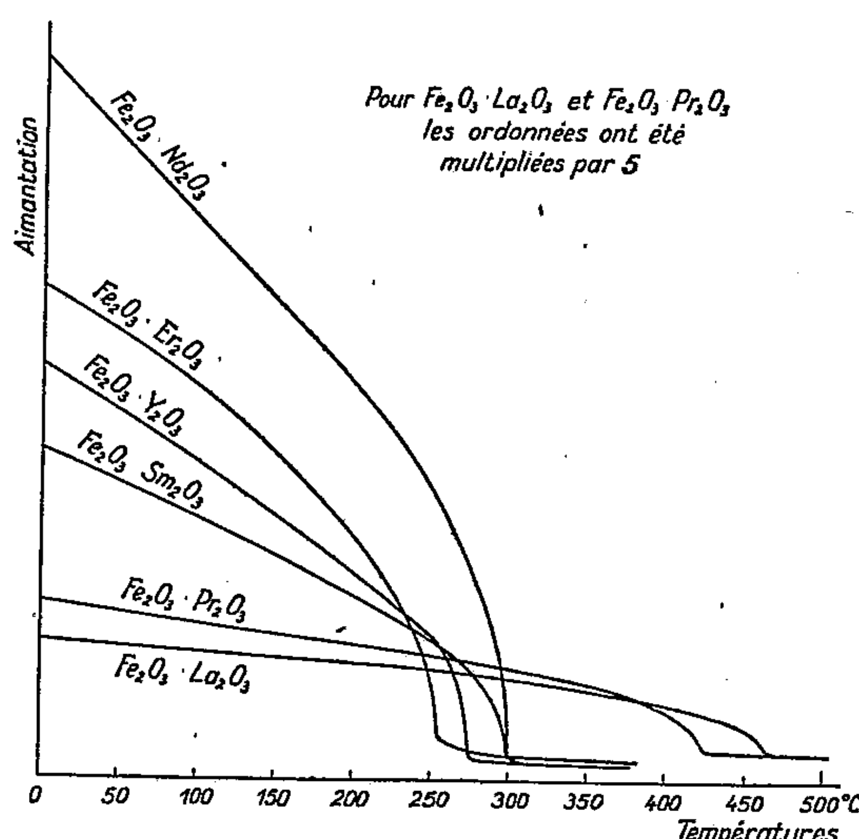
	σ_0.	μ.	θ °K.	$\sigma_S = f(T)$ près de 0° K.	$\sigma_S = f(T)$ près de θ.
Fe_2O_3NiO....	53	2,224	870	$53\,(1 - 1,121.10^{-6}\,T^2)$	$2,12\sqrt{870 - T}$
Fe_2O_3CoO....	93,9	3,944	769	$93,9\,(1 - 1,576.10^{-6}\,T^2)$	$3,46\sqrt{769 - T}$
Fe_2O_3FeO....	98,48	4,082	847	$98,48\,(1 - 0,826.10^{-6}\,T^2)$	$6,44\sqrt{847 - T}$
Fe_2O_3MnO...	106,7	4,405	576	$106,7\,(1 - 5,75.10^{-5}\,T^{\frac{3}{2}})$	$5,84\sqrt{576 - T}$

L'interprétation de ces résultats fera l'objet d'une publication ultérieure.

MAGNÉTISME. — *Une nouvelle série de corps ferromagnétiques : les ferrites de terres rares.* Note (*) de MM. **Hubert Forestier** et **Georges Guiot-Guillain**, transmise par M. Louis Hackspill.

Préparation d'une nouvelle série de composés ferromagnétiques du type *ferrites*, correspondant à la formule générale $Fe_2O_3.M_2O_3$, dans laquelle M représente l'un des éléments des terres rares; étude de leur stabilité et de la variation de leur aimantation en fonction de la température.

La méthode générale de coprécipitation avait permis à l'un de nous ([1]) de préparer à l'état pur une série de composés du type $Fe_2O_3.MO$ (ferrites) et de mettre en évidence leurs propriétés ferromagnétiques. Nous avons repris cette méthode (fréquemment utilisée depuis) pour tenter d'obtenir une nouvelle série de corps ferromagnétiques de type $Fe_2O_3.M_2O_3$, où M désigne l'un des éléments des terres rares La, Pr, Nd, Sm, Er, ainsi que Y.



La réaction $Fe_2O_3 + M_2O_3 = Fe_2O_3.M_2O_3$ se produit par recuit du mélange coprécipité des oxydes correspondants. Les composés ainsi obtenus sont ferromagnétiques. Ils sont stables à haute température (1000°). $Fe_2O_3.Nd_2O_3$, cependant, se décompose par recuit de plusieurs heures à 1000°, en Fe_2O_3 et Nd_2O_3 (identifiables par l'examen aux rayons X et le point de Curie de Fe_2O_3); on peut remarquer là une analogie avec certains ferrites instables que nous avions étudiés antérieurement ([2]).

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) H. Forestier, *Thèse*, Paris, 1928.

([2]) H. Forestier et M. Galand, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 733; H. Forestier et G. Guiot-Guillain, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 270; H. Forestier et F. Redslob, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1160.

Les points de Curie se situent pour ces ferrites de terres rares, aux températures suivantes :

Fe_2O_3	La_2O_3	465°	Fe_2O_3	Sm_2O_3	300°
	Pr_2O_3	425		Er_2O_3	255
	Nd_2O_3	300		Y_2O_3	275

Ils se classent, comme suit, dans l'ordre des coefficients d'aimantation décroissants : Nd; Er; Y; Sm; Pr; La; aimantation déterminée après chauffage au-dessus du point de Curie suivi de refroidissement dans un champ de 2 000 gauss. Indiquons, à titre comparatif, que le ferrite de nickel possède, dans les mêmes conditions expérimentales, une aimantation quatre fois plus élevée que celle de $Fe_2O_3.Nd_2O_3$. Nous reproduisons ci-contre les courbes d'analyse thermomagnétique, obtenues au moyen de notre appareil enregistreur.

Par ailleurs, les ferrites de lanthane et de praséodyme présentent, de manière très marquée, le phénomène d'aimantation thermorémanente, découvert par l'un de nous (³) sur le sesquioxyde de fer rhomboédrique et les ferrites $Fe_2O_3.MO$. Cette aimantation atteint une valeur 20 fois plus élevée que l'aimantation initiale pour $Fe_2O_3.La_2O_3$ et 10 fois plus élevée pour $Fe_2O_3Pr_2O_3$.

Sauf dans le cas du ferrite de néodyme, nous avons observé que la proportion de ferrite ferromagnétique formé (en général très faible à la température de 700°, même après un long recuit) restait inférieure à 50 %, après un recuit prolongé à 900° : c'est ainsi que nous avons obtenu, par exemple, avec $Fe_2O_3.Er_2O_3$, après un recuit de 6 heures à 1 000°, un produit dont l'aimantation était trois fois plus élevée qu'après un recuit de même durée à 920°. Une température aussi élevée n'était pas nécessaire à la formation des ferrites $Fe_2O_3.MO$ (totalement formés après un recuit de 4 heures à 900°).

Par contre, pour $Fe_2O_3.Nd_2O_3$ (ferrite instable), le maximum d'aimantation (que l'on peut attribuer à environ 80 % de produit formé, d'après les spectrogrammes X) a été obtenu par recuit de 3 heures à 775°.

L'ensemble de ces résultats met en évidence l'existence d'une nouvelle série de corps ferromagnétiques, dont les structures cristallines sont actuellement à l'étude.

(³) H. Forestier, *Ann. de Chim.*, 10ᵉ série, 9, 1928, p. 389; H. Forestier et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 787; H. Forestier, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 45; A. Michel et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2171.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *La microstructure des atmosphériques. Applications ionosphériques et météorologiques du type* 4. Note (*) de M. **René Rivault**, présentée par M. Pierre Lejay.

Des enregistrements de formes d'atmosphériques et de leur direction d'arrivée ont été effectués quotidiennement, à l'annexe de Poitiers du Laboratoire National de Radioélectricité, de 17 à 21^h, pendant le mois d'octobre 1949, une dizaine de minutes autour de chaque heure ronde. Ils ont fourni une ample documentation permettant de poursuivre l'étude des atmosphériques d'automne du type 4 (1) et de leurs origines (2).

L'existence de ces formes, comprenant des échos dus à des réflexions multiples entre le sol et l'ionosphère, ne paraît pas dépendre de la nature des masses d'air où l'éclair se manifeste, mais plutôt de la distance éclair-récepteur. Ce n'est, en effet, que lorsque l'éclair se trouve dans un rayon de 1000 à 1200^{km} autour du récepteur que ces formes sont enregistrées et qu'elles permettent alors une télémétrie sans ambiguïté.

Une différence dans le détail de l'oscillogramme apparaît cependant suivant que l'éclair a lieu au sein d'un système dépressionnaire ou migrateur (foyers océaniques) ou d'une masse d'air polaire maritime stagnant (Sud-Est de la France et Nord du bassin Méditerranéen). Dans ce dernier cas, l'atmosphérique est une véritable impulsion brève nettement séparée de ses échos successifs; dans le premier, les crêtes d'amplitude sont plus arrondies et des échos secondaires s'entremêlent à ceux de plus grande amplitude fournissant, du reste, une télémétrie analogue. La différence entre ees deux aspects n'est pas due à la nature terrestre ou maritime des trajets, puisqu'elle persiste quand, d'océanique, le foyer migrateur est devenu continental. Il faut sans doute la rechercher dans la complexité des nuages créant l'éclair rayonnant, plus ou moins ramifié.

Le dépouillement de ces formes fournit non seulement les distances entre éclairs et récepteurs, qui, jointes aux données goniométriques recueillies simultanément, permettent la localisation des orages, mais aussi la hauteur virtuelle h de la région réfléchissante, rendant ainsi possible l'étude de la basse ionosphère (3). Les valeurs de h, déduites des enregistrements du type 4 nettement interprétables obtenus pendant octobre, ont été portées sur le tableau ci-joint; chaque point représente un grand nombre d'atmosphériques conduisant à des résultats égaux à 1^{km} près.

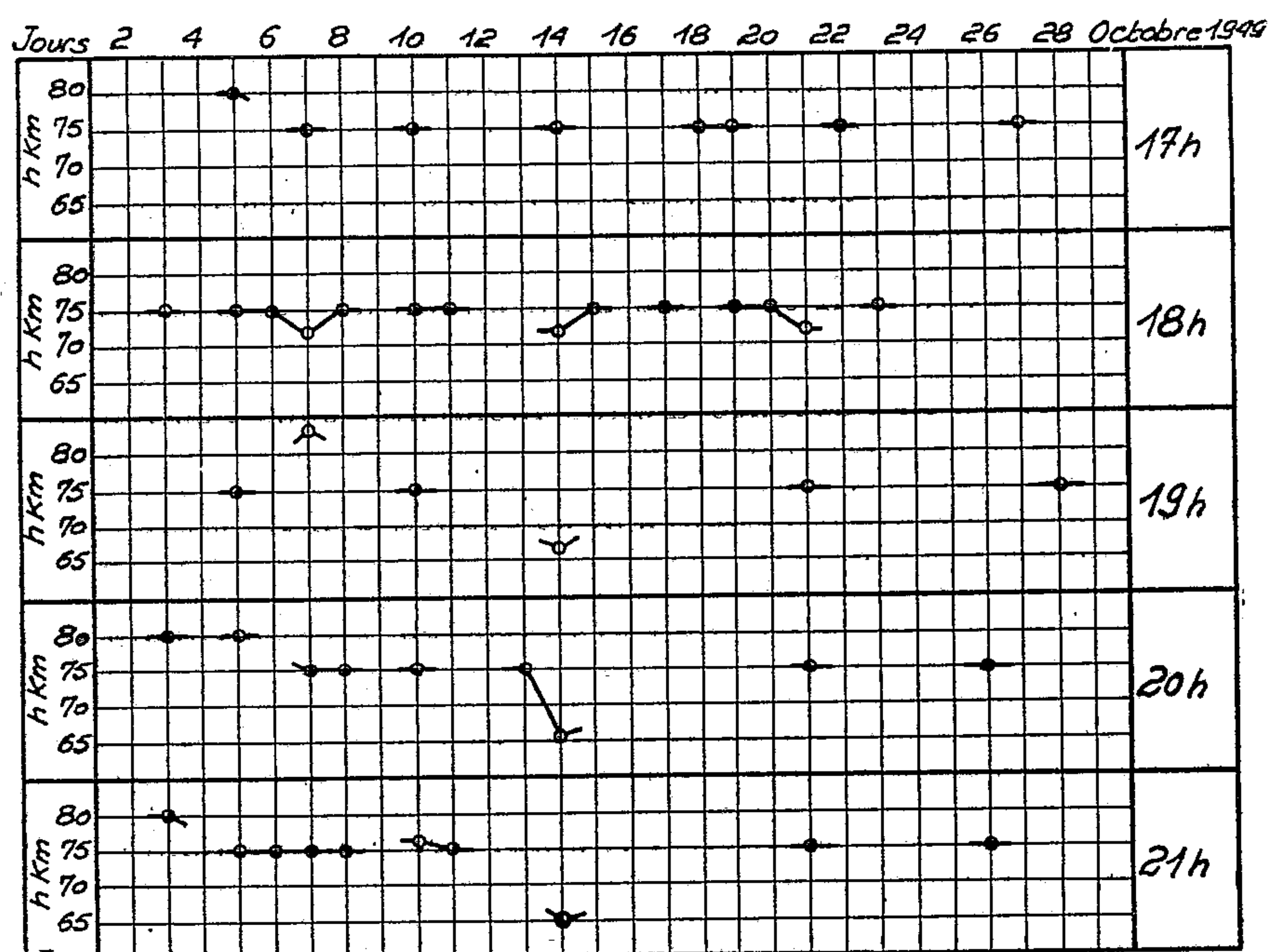
(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) R. Rivault, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 540. *Note préliminaire du L. N. R.*, n° 65.

(2) R. Rivault, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1300-1302.

(3) R. Rivault, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 494.

Les mesures commençaient à 17ʰ, aux environs du coucher du Soleil, au récepteur, quand l'absorption diurne des ondes de grande longueur s'atténue; les échos obtenus étaient alors généralement faibles et n'atteignaient leur amplitude maximum qu'une ou deux heures plus tard. On constate que, durant les journées ionosphériquement calmes, les valeurs de h sont les mêmes d'heure en heure, l'absorption se manifestant sur l'amplitude des ondes reçues et non sur leur hauteur de réflexion.



Cette uniformité de h dans le temps se retrouve aussi dans l'espace. Il arrive, en effet, que l'on reçoive, au cours d'une série d'enregistrements d'une dizaine de minutes, des atmosphériques provenant de divers foyers situés parfois à l'opposé les uns des autres par rapport au récepteur : leur dépouillement fournit des valeurs de h identiques. On peut en conclure que la région D est homogène et parallèle au sol sur de grandes étendues, ce qui légitime la méthode de dépouillement employée [4].

Cette valeur stable de h est de 75^{km}. Elle peut parfois subir des variations d'une dizaine de kilomètres d'amplitude au cours d'une soirée d'enregistrement. C'est le cas des 7 et 14 octobre. Le 7, on remarque une légère diminution de 3^{km} à 18^h, suivie d'une augmentation d'une dizaine de kilomètres à 19^h, puis d'un retour à la valeur habituelle de 75^{km} à 20^h. Le 14, h passe progressivement de 75^{km} à 17^h, à 65^{km} à 20 et 21^h. Il est intéressant de noter que le 7 et le 14 octobre, des orages magnétiques importants furent enregistrés.

(4) R. Rivault, *Note préliminaire du L. N.R.*, n° 32.

ÉLECTRONIQUE. — *Fréquences de résonance de la charge d'espace d'un magnétron.* Note (*) de M. **Patrice Fechner**, présentée par M. Camille Gutton.

Considérons un magnétron, fonctionnant en régime bloqué, la tension anodique V, et le champ magnétique H, étant tels que le magnétron ne peut osciller. Nous supposons alors que le magnétron est couplé à une ligne coaxiale ou à un guide, de façon qu'une onde de haute fréquence émise par une source auxiliaire couplée à cette ligne puisse pénétrer à l'intérieur de l'enceinte constituant l'anode du magnétron.

Nous nous proposons d'étudier pour une onde de pulsation ω donnée, les fréquences de résonance de la charge d'espace du magnétron, en fonction du champ magnétique continu H et de la tension anodique V. Nous supposons que les champs de haute fréquence sont très petits vis-à-vis des champs continus.

Nous admettons qu'en l'absence d'onde incidente, sous l'action de la tension V et du champ magnétique H, les électrons qui circulent autour de la cathode sont concentrés en deux anneaux de grande densité électronique; l'un de ces anneaux est situé dans le voisinage immédiat de la cathode; l'autre à une distance de la cathode dépendant de la tension V et du champ H. Seul ce deuxième anneau sur lequel la vitesse radiale des électrons est nulle, va jouer un rôle dans les phénomènes qui nous intéressent.

Sous l'action du champ électromagnétique de haute fréquence, les électrons vont vibrer autour de leur position d'équilibre et pour certaines valeurs du champ H et de la tension V, leur période d'oscillation sera égale à celle de l'onde incidente. Il en résultera alors un phénomène de résonance de la charge d'espace.

Soient :

r et φ, les coordonnées polaires d'un point;

r_0, le rayon de l'anneau d'électrons;

φ'_0, la vitesse angulaire des électrons sur l'anneau en régime continu;

E_0, le champ électrique continu sur l'anneau d'électrons;

$E_r e^{i(\omega t - n\varphi)}$ et $E_T e^{i(\omega t - n\varphi)}$ les composantes électriques radiale et tangentielle du champ électrique de haute fréquence;

N, le nombre de cavités du magnétron et n le mode de l'onde.

Nous posons $\omega_H = (1/c)(e/m)H$ et $\alpha = e/m$, e et m étant respectivement la charge et la masse de l'électron en unités de Gauss.

Les équations générales du mouvement de l'électron sont :

$$(1) \qquad \begin{cases} r' - r\varphi'(\varphi' - \omega_H) = -\alpha[E_0 + E_r e^{i(\omega t - n\varphi)}], \\ r\varphi'' + r'(2\varphi' - \omega_H) = -\alpha E_T e^{i(\omega t - n\varphi)}. \end{cases}$$

(*) Séance du 8 mai 1950.

L'équation d'équilibre des forces sur l'anneau est

(2) $$\varphi'_0(\varphi'_0 - \omega_H) = \alpha \frac{E_0}{r_0}.$$

D'autre part, d'après l'hypothèse faite sur la répartition en anneau des électrons, nous posons

(3) $$r = r_0 + \rho\, e^{-in\varphi}, \qquad \varphi' = \varphi'_0 + \theta'\, e^{-in\varphi},$$

ρ, ρ', ρ'' et θ, θ', θ'' désignant des infiniment petits.

1. *Magnétron à anode pleine.*

(4) $$E_T = 0, \qquad n = 0.$$

Compte tenu de 1, 2, 3 et 4, on obtient le phénomène de résonance pour des tensions faibles lorsque

(5) $$\omega_H = \omega - \frac{3}{2}\frac{\alpha E_0}{\omega r_0}.$$

2. *Magnétron à n cavités.* — Compte tenu de (1), (2) et (3), on obtient pour des tensions faibles, le phénomène de résonance sur les champs E_r et E_T, lorsque :

(6) $$\omega_H = \omega - \frac{\frac{3}{2} - n}{\omega}\frac{\alpha E_0}{r_0},$$

(7) $$\omega_H = \frac{\omega}{n+1} - \frac{\frac{3}{2} + n}{\omega}\frac{\alpha E_0}{r_0},$$

(8) $$\omega_H = \frac{\omega}{n-1} + \frac{\frac{3}{2} - n}{\omega}\frac{\alpha E_0}{r_0} \quad \text{avec} \quad n \geqq 2,$$

(9) $$\omega_H = \frac{\omega}{n} - \frac{n\alpha E_0}{\omega r_0}.$$

Les équations (5), (6), (7), (8) et (9) donnent pour une fréquence ω donnée la variation du champ magnétique de résonance lié à ω_H en fonction du champ électrique continu.

OPTIQUE. — *Étude des défauts d'homogénéité par la méthode de l'ombre portée.* Note (*) de M. **Maurice Françon** et Mlle **Denise Wagner**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous étudions la méthode de l'ombre portée par les phénomènes de diffraction à distance finie dans le cas d'un fil à variation brusque de phase. Lorsque la différence de phase introduite par le fil est petite, on a la même sensibilité que par la méthode du contraste de phase avec lame de phase transparente. Enfin, dans les conditions d'observation pratique, le diamètre apparent de la source vu de l'échantillon doit être de l'ordre de 2 minutes d'arc.

La méthode de l'ombre portée appliquée à un échantillon de verre (lame à faces planes et parallèles) permet de déceler les défauts d'homogénéité qu'il contient.

L'échantillon est éclairé par une source lumineuse S très petite et l'on observe l'ombre portée des défauts sur un écran E placé après l'échantillon. Nous nous bornons ici à l'étude d'un fil à variation de phase brusque. Si l'écran est très près de l'échantillon, on observe deux groupes de franges de diffraction correspondant aux deux discontinuités. Si l'écran s'éloigne de l'échantillon, ces deux groupes de franges interfèrent et donnent une figure de diffraction plus ou moins compliquée. Soient l la largeur du fil, a sa distance à la source, b sa distance à l'écran E, λ la longueur d'onde de la lumière utilisée et φ la différence de phase qu'il introduit. Posons

$$\nu=\sqrt{\frac{2(a+b)}{ab\lambda}}\,\frac{l}{2}.$$

Si $G(\nu)$ et $F(\nu)$ sont les intégrales de Fresnel, et en admettant que φ soit assez petit pour négliger φ^2, on trouve que l'intensité lumineuse sur l'axe du système est donnée par

$$I_1=1-2\varphi[G(\nu)-F(\nu)].$$

C'est en ce point que l'on a soit la plus forte, soit la plus faible intensité, donc le contraste le plus fort en prenant $G(\nu)-F(\nu)=0,5$. Le maximum de la fonction $G(\nu)-F(\nu)$ est en effet de l'ordre de 0,5. Si l'on s'écarte loin de l'ombre géométrique du fil, l'intensité devient constante et égale à

$$I_2=1,$$

d'où le contraste maximum

$$\gamma=\left|\frac{I_1-I_2}{I_1}\right|=2\varphi\,|\,G(\nu)-F(\nu)|=\varphi.$$

On sait que la méthode du contraste de phase permet également d'observer

(*) Séance du 15 mai 1950.

les défauts d'homogénéité. Si l'on observe un défaut introduisant une différence de phase φ petite, cette méthode donne un contraste

$$\gamma = 2\varphi,$$

si la lame de phase est transparente. Donc en utilisant la méthode de l'ombre portée dans les conditions optima et seulement pour les faibles valeurs de φ, on obtient théoriquement une sensibilité deux fois moins grande que par contraste de phase avec lame de phase transparente. En fait, dans la méthode de l'ombre portée, le maximum ou le minimum central est bordé de deux franges sombres dans le premier cas, ou de deux franges brillantes dans le second cas. Ces franges ont toujours une intensité telle que pratiquement le contraste est doublé. Dans ces conditions, on peut dire que la méthode de l'ombre portée et le contraste de phase avec lame de phase transparente donnent la même sensibilité.

L'expression donnant v montre que si a et b sont très grands, v devient petit : le contraste est faible. Si a et b deviennent très petits, v devient grand et le contraste diminue à nouveau. Dans ce dernier cas, cela tient à ce que les franges de chaque discontinuité sont trop séparées pour interférer. On a simplement deux systèmes de franges indépendants séparés par une région d'intensité égale à celle que l'on obtient loin des franges, d'où un contraste très faible entre ces deux régions. Il existe donc une position favorable de l'échantillon par rapport à la source et à l'écran permettant d'obtenir une sensibilité maxima.

De toutes façons, la méthode est peu pratique lorsque φ est petit, car elle conduit à des valeurs de a et b assez grandes. Il convient d'opérer alors avec un échantillon taillé sous forme de lentille convergente ou d'associer l'échantillon plan-parallèle à une lentille parfaite. L'écran étant placé près de l'image de la source, tout se passe comme si l'on opérait avec un échantillon plan-parallèle seul, l'écran étant à grande distance.

SPECTROSCOPIE. — *Transparence spectrale de la silice vitreuse après passage du courant électrique à température élevée.* Note de MM. **Eugène Darmois, René Bauplé** et Mlles **Andrée Gilles** et **Nicole Astoin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Rahimi et Darmois (1) ont montré, il y a plusieurs années, que le passage du courant à travers le quartz modifie certaines de ses propriétés. A notre connaissance, ce travail étant resté isolé, nous avons jugé utile de le reprendre en portant notre attention sur les propriétés optiques.

Les quartz dont les faces extrêmes ont été rendues conductrices par un

(1) *Bull. Soc. Fr. Phys.*, 1936, p. 101 S.

dépôt métallique, sont placés dans un four entre deux électrodes (généralement en platine) entre lesquelles on applique une tension de 500 à 2500 V.

Nous avons étudié deux qualités de quartz fondu : l'une de provenance française, fabriquée pendant la guerre et probablement assez impure; l'autre, d'origine allemande, dite *homosil*, privée de bulles et beaucoup plus pure.

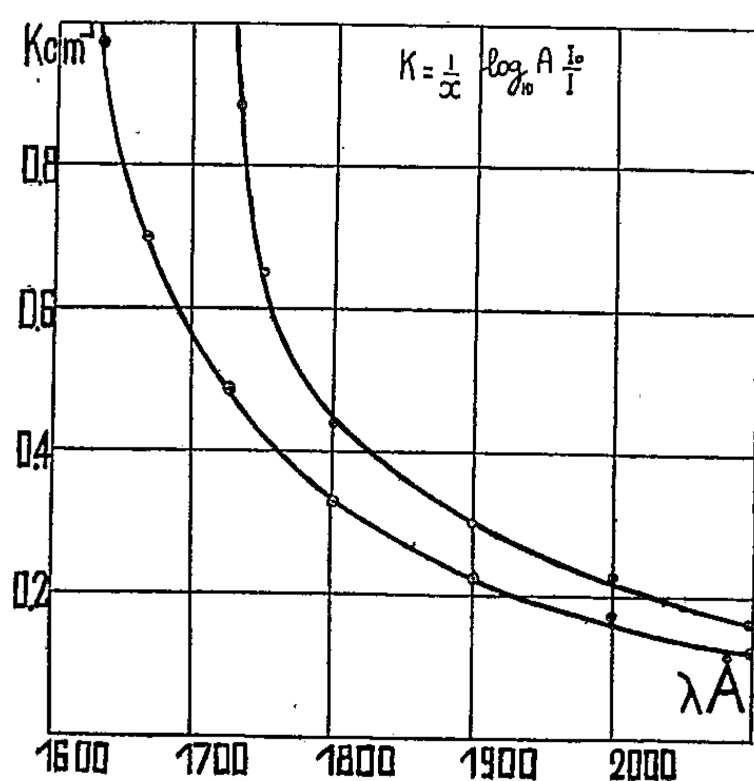


Fig. 1.

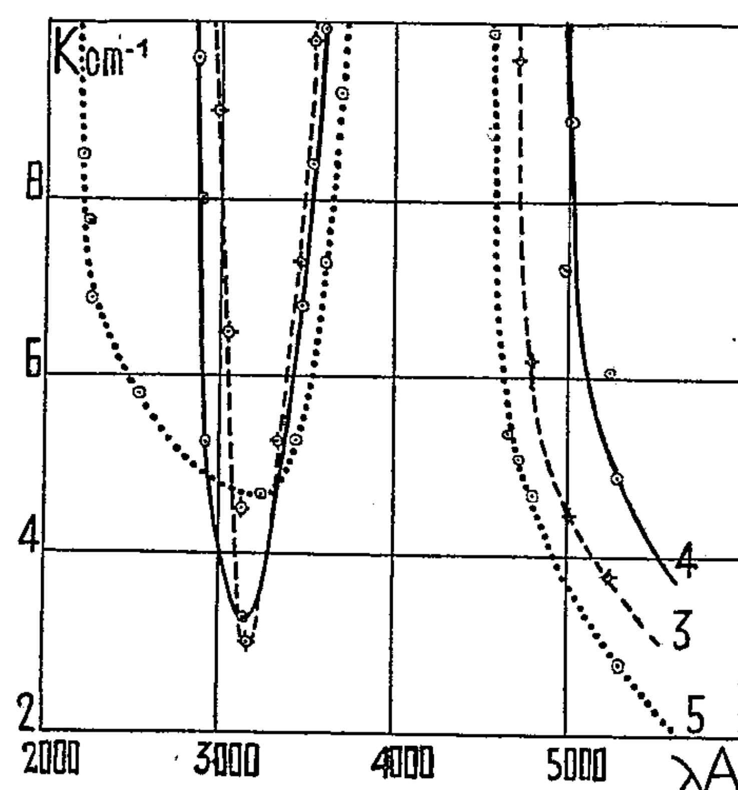


Fig. 2.

Avec le quartz français, nous avons observé, au cours du traitement électrique, l'apparition de zones colorées se déplaçant vers la cathode. Au début de l'opération, il se forme un dépôt noir à la cathode. Après 370 heures de traitement à des températures variant entre 580 et 975° C, on observe la succession des zones suivantes de l'anode à la cathode : 1° une zone claire transparente; 2° une zone transparente mais moins claire; 3° une zone rouge orangé; 4° une zone rouge, plus foncée; 5° une zone grisâtre; 6° une zone jaunâtre près de la cathode. La surface cathodique est recouverte d'une croûte blanchâtre craquelée, dont la résistance électrique est grande. Certains échantillons présentent un aspect différent par suite de la formation d'arborescences colorées ou dendrites partant de la cathode. On sait que des effets analogues ont été observés au cours de l'électrolyse des halogénures alcalins, ([2]), ([3]), mais il semble qu'ils n'aient jamais été signalés dans les oxydes. Avec le quartz *homosil*, il n'apparaît aucune modification dans la masse; il se forme seulement une pellicule blanche sur la cathode.

Contrairement à ce que signalait Rahimi ([4]), la limite de transparence n'est pas beaucoup reculée vers les courtes longueurs d'onde, même pour les zones les plus claires. Le gain n'est appréciable que pour le *homosil* (*fig.* 1). Pour le

([2]) Tubandt et Eggerth, *Z. f. anorg. und. allg. chem.*, 110, 1920, p. 196.

([3]) Mott et R. W. Gurney, *Electronic Processes in Ionic Crystals*, Oxford, 1940.

([4]) *Thèse*, Paris, 1937.

quartz français, une lame anodique gagne en transparence entre 1800 et 1950 Å, mais devient plus absorbante au-dessus de 1950 Å.

D'autre part, nous avons étudié les spectres des lames extraites des zones colorées (3°), (4°), (5°), du quartz français (*fig.* 2). Ces spectres présentent des maxima et des minima d'absorption très accusés.

D'autres expériences seront nécessaires pour pouvoir donner une interprétation du mécanisme du passage du courant et de la formation des zones colorées. Il est certain toutefois que les colorations ne sont pas dues au métal des électrodes, car les mêmes phénomènes se produisent avec des électrodes différentes et, en particulier, avec des électrodes de carbone. La bande d'absorption des échantillons colorés, située vers 4000 Å, pourrait être due à SiO^+, dont on connaît, en émission, des bandes à 4270 et 3840 Å ([5]). Dans cette hypothèse, la présence des impuretés favoriserait simplement un certain mécanisme de transport du courant, qui serait peut-être analogue à celui envisagé pour l'oxyde de zinc ([6]).

La principale question qui se pose au sujet des zones colorées que nous avons observées est de savoir si les particules responsables de la coloration sont sous forme colloïdale ou atomique; cette dernière existe peut-être quand le traitement est fait à une température pas trop élevée; si elle existe réellement, le mécanisme de la coloration doit être, dans ce cas, analogue à celui de la formation des centres F dans les halogénures alcalins. Des expériences pour vérifier ces différents points sont en cours.

MAGNÉTOPHOTOPHORÈSE. — *Relation entre la magnétophotophorèse et le ferromagnétisme.* Note de MM. **Pierre Tauzin** et **Aimé Lespagnol**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'analyse chimique qualitative des particules qui, en suspension dans un gaz, manifestent le phénomène de la magnétophotophorèse, montre qu'elles renferment du fer ou un corps ferromagnétique.

Ces particules s'orientent dans un champ magnétique même très faible, ce sont des aimants et non des pôles isolés.

La magnétophotophorèse disparaît si la température dépasse le point de Curie des substances formant les particules.

On sait que, dans un certain nombre d'aérosols, des particules se déplacent sous l'action combinée d'un faisceau lumineux intense et d'un champ magnétique. C'est la magnétophotophorèse. Nous présentons dans cette Note quelques faits expérimentaux qui révèlent un lien étroit entre ce phénomène et le ferromagnétisme.

([5]) Woods, *Phys. Rev.*, 63, 1943, p. 226.

([6]) F. Seitz, *The modern Theory of Solids*. New-York, 1940.

1. La magnétophotophorèse a été constatée d'abord par Ehrenhaft, puis par l'un de nous sur des particules de fer, de nickel, de cobalt. Elle existe aussi pour des particules des composés ferromagnétiques suivants, préparés par M. Guillaud : MnBi, Mn_2Sb, MnAs, CrTe, FeS, MnI, Fe_4N, MnP. Nous avons eu enfin la surprise de l'observer sur des particules de poudres de graphite, manganèse, chrome provenant de la maison Eimer et Amend (New-York). Or, nous avons constaté que les trois échantillons en question, qui présentaient la magnétophotophorèse, étaient attirés par les pôles d'un électroaimant, ce qui, pour le graphite tout au moins, est assez extraordinaire, puisque ce corps est diamagnétique. Nous avons alors procédé à leur analyse qualitative pour rechercher le fer qu'ils pouvaient contenir. On attaquait la poudre à l'acide nitrique bouillant et l'on exécutait ensuite sur le filtrat les réactions classiques très sensibles de mise en évidence du fer : réactions au sulfocyanate de potassium, au ferrocyanure de potassium et au nitrosobétanaphtol qui donnent, la première une coloration rouge sang, la seconde le précipité bleu de Prusse et la troisième un précipité brun foncé. Nous avons ainsi mis en évidence le fer dans les poudres étudiées de graphite, manganèse, et chrome; ce dernier corps était moins impur que les autres, et présentait d'ailleurs la magnétophotophorèse à un degré moindre.

Par contre, nous n'avons pas trouvé de fer dans des échantillons d'aluminium, zinc et plomb, tous trois d'Eimer et Amend, et de carbon black Prolabo; ces poudres se sont montrées insensibles à la magnétophotophorèse (1).

2. L'observation à l'ultramicroscope des aérosols présentant la magnétophotophorèse, nous a fait soupçonner que leurs particules s'orientaient dans un champ magnétique même plus faible que le champ terrestre. Si l'on fait pivoter périodiquement le champ de 90°, on voit les particules changer d'orientation. Ce fait est visible pour quelques-unes qui sont des filaments assez longs; si l'on dérègle légèrement le microscope d'observation, de façon que ces particules apparaissent entourées d'anneaux, on voit que la luminosité de ces anneaux varie lors de la rotation de la particule; on constate aussi cette variation de luminosité pour une foule de particules qui, avec le réglage normal, apparaissent comme des points. La lumière renvoyée par la particule est faible lorsque les directions du champ magnétique et du faisceau lumineux sont parallèles; elle est plus intense lorsque ces directions sont perpendiculaires. De ces observations, on tire deux conclusions : d'abord les particules en question sont des aimants, et ensuite elles ne sont pas sphériques. Ajoutons qu'on observe beaucoup de particules dont l'éclat varie par rotation du champ, et qui ne manifestent pas de magnétophotophorèse.

Toujours dans les aérosols précédents, et sur quelques particules pouvant

---

(1) Les analyses ont été effectuées avec le concours de M. Dubuc.

présenter ou non la magnétophotophorèse, on trouve que la variation d'éclat, par rotation du champ est nulle ou très faible. Ce fait est peut-être le signe d'une surface assez régulière; il est d'ailleurs probable, que, comme les autres, ces particules sont des aimants.

3. Pour compléter ces essais, on s'est demandé si la magnétophotophorèse disparaissait bien au point de Curie des corps ferromagnétiques étudiés. Nous avons opéré sur des particules de nickel dans l'argon ou l'azote, à la pression de 10^{cm} de mercure, pour laquelle la magnétophotophorèse est particulièrement intense. Nous avons chauffé la poudre de nickel dans ces gaz, en la soumettant à l'action d'un faisceau lumineux intense et d'un champ alterné de quelques gauss produit par des bobines d'Helmholtz. Nous avons constaté que les oscillations des particules qui présentent la magnétophotophorèse disparaissent au-dessus de 360°, point de Curie du nickel, et réapparaissent pour des températures du tube laboratoire inférieures à 360°.

Pour le fer, le point de Curie est de 775°. Le chauffage à cette température du tube transparent contenant le gaz à faible pression présente des difficultés, et d'autre part, avec l'azote, même au-dessous de 775°, la poudre de fer réagit en donnant un nitrure. Lorsqu'on chauffe la poudre de fer oméga dans l'azote, en présence d'un champ magnétique alterné et d'un faisceau intense, on décèle encore des particules qui oscillent sous l'action de la magnétophotophorèse, à des températures de l'ordre de 500°. Si l'on chauffe plus haut, la poudre de fer se prend en une masse noire friable; elle s'est nitrurée. Laissons refroidir le tube, broyons le bloc formé et étudions la poudre obtenue. On y voit des particules qui ont une magnétophotophorèse intense jusque vers 275°; l'effet diminue à des températures plus fortes, et reprend son intensité pour des températures inférieures. Effectivement, la littérature fixe à 275° le point de Curie d'un des nitrures de fer dont on observe la production dans des conditions d'expérimentation assez larges ([2]), ce qui confirme encore dans ce cas la liaison entre magnétophotophorèse et ferromagnétisme.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *La photophorèse dans la fumée d'indigotine à la pression atmosphérique et à la lumière solaire.* Note (*) de Mlle **Monique Maitrot**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Inspirée par les travaux de F. Ehrenhaft et de P. Tauzin ([1]) sur le phénomène de photophorèse, et reprenant un montage de J. Thibaud, j'ai

---

([2]) Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 9, p. 769.

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) F. Ehrenhaft, *Ann. Phys.*, 11e série, 13, 1940, p. 151; P. Tauzin, *Cahiers de Physique*, n° 19, 1944, p. 3; *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1037 et 225, 1947, p. 350.

examiné différentes fumées à la pression normale : nigrosine, fuschine, induline, etc., et plus particulièrement celle d'indigotine, dont les trajectoires présentent à la lumière solaire des mouvements périodiques (²), principal objet de cette étude.

Les fumées d'indigotine vieillissent assez rapidement, les particules se soudant les unes aux autres, bout à bout au cours de l'expérience, pour former des sortes de chaînes. La longueur moyenne des particules augmente ainsi d'une fraction de micron à une dizaine et plus. Le sens de la photophorèse, ici en majorité positif, ne varie guère au cours d'une expérience et ne semble pas dépendre des dimensions de ces particules, en particulier de leur longueur qui croît durant l'examen. Par contre la proportion de trajectoires positives et négatives varie avec l'intensité du faisceau : pour une intensité relativement faible (lampe Philora), il n'y a pas de particules négatives. Au contraire, dans les expériences conduites à la lumière solaire, la proportion de trajectoires négatives est assez considérable.

Les particules sont éclairées au moyen d'un héliostat et d'un objectif de microscope (ouverture $f:2$). On a profité de la belle insolation de la mi-journée de l'été 1949. Les clichés présentés montrent le mouvement de translation de particules, généralement affecté d'une oscillation en hélice ou en sinusoïde, sous l'effet d'un faisceau lumineux horizontal.

A. *Hélices simples ou sinusoïdes.* — Elles ont une fréquence (de 1,5 à plus de 100 par seconde) et une amplitude très variables. Il n'y a pas de rapport simple entre la vitesse de la photophorèse longitudinale et la fréquence ou l'amplitude du mouvement périodique. Les particules dont la fréquence est minima et l'amplitude maxima sont les particules les plus grosses.

B. *Trajectoires multipériodiques.* — Fréquemment deux périodes au moins se superposent dans le mouvement d'une particule [trajectoires (*a*) des clichés 1, 2, 5]. Le rapport entre les amplitudes des deux mouvements (ainsi que le rapport entre les fréquences) varie entre 1 ou 2 et plusieurs dizaines. Le mouvement de plus grande période de certaines de ces trajectoires est irrégulier (cliché 5).

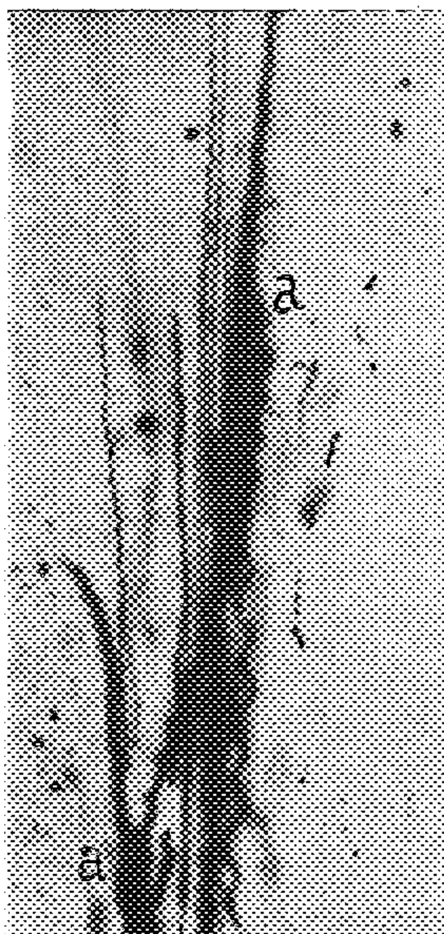
C. *Trajectoires en lemniscate.* — Visibles sur les clichés 7 et 8 [trajectoires (*b*)], comme si la translation s'accompagnait d'un mouvement en lemniscate. Ces trajectoires peu nombreuses se produisent à la fin d'une expérience dans les fumées vieillies. On peut les retrouver dans d'autres fumées (fuschine, nigrosine).

D. *Trajectoires aberrantes.* — Elles sont de type variable [cliché 6, trajectoire (*c*)]. Ces particules changent de direction plusieurs fois au cours de leur

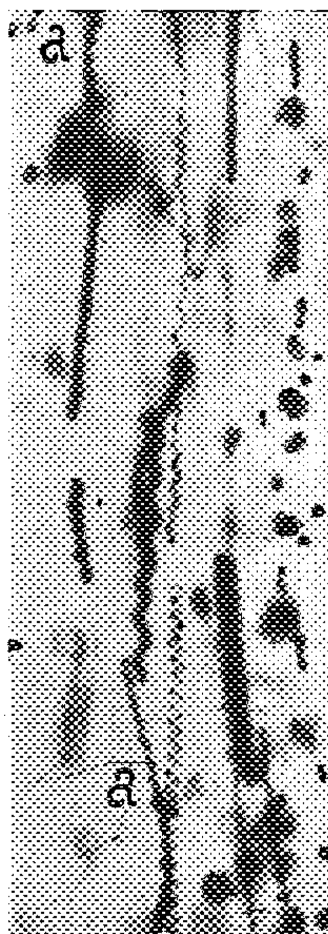
---

(²) P. Tauzin, *Jour. Phys.*, 1949, p. 90.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 230, n° 21, 22 mai 1950. — Mlle MAITROT.



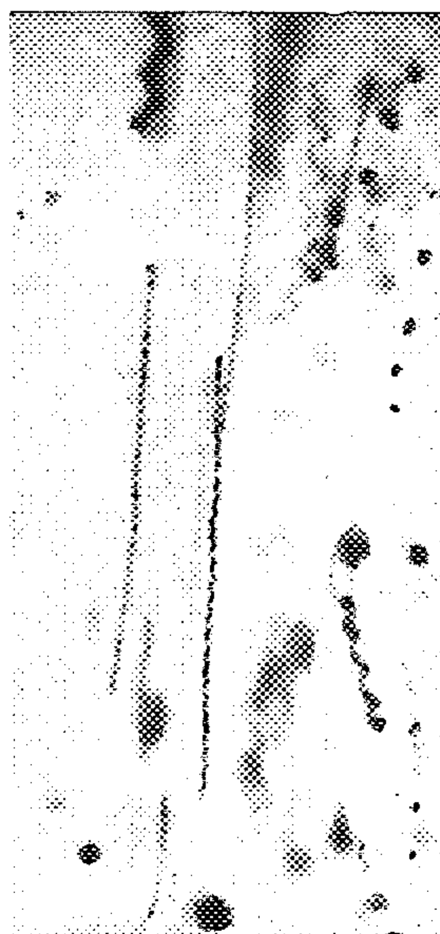
1



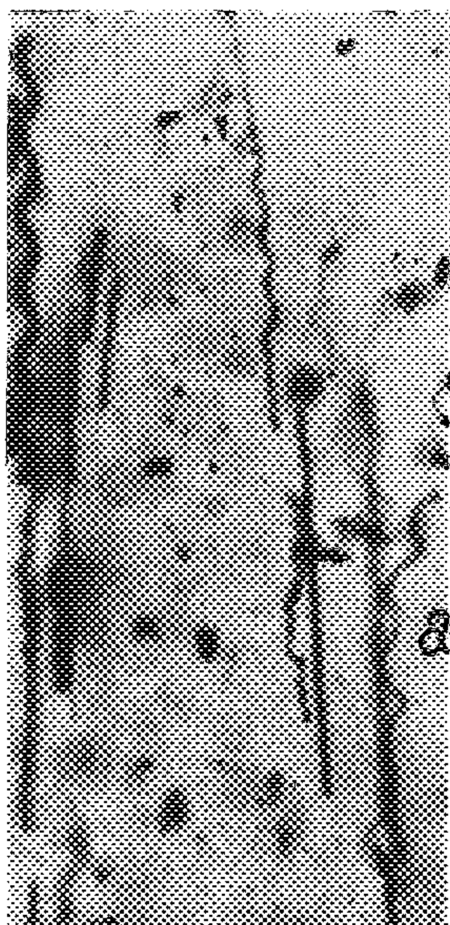
2



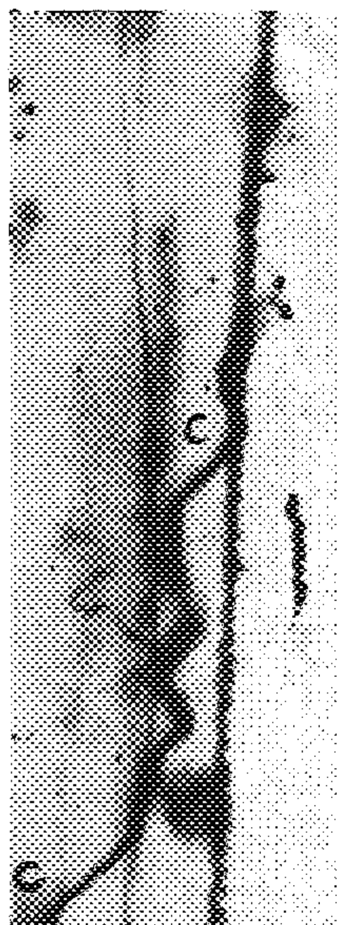
3



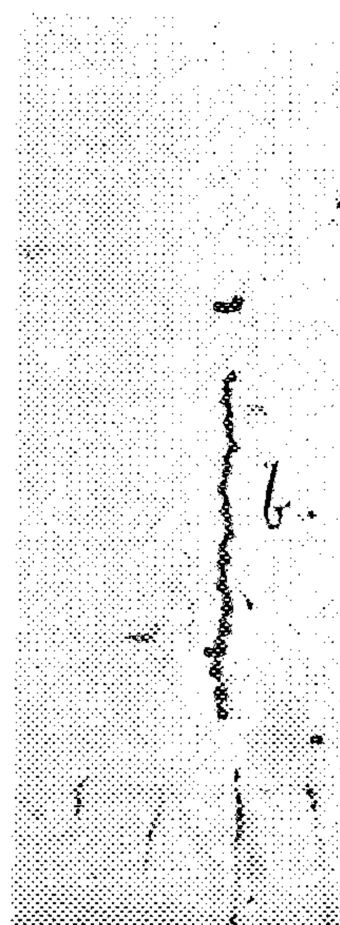
4



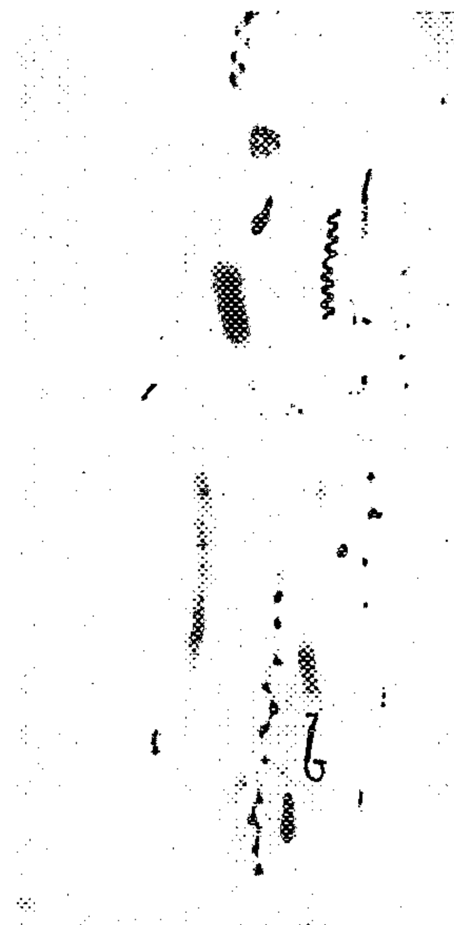
5



6



7



8

Page 1856.

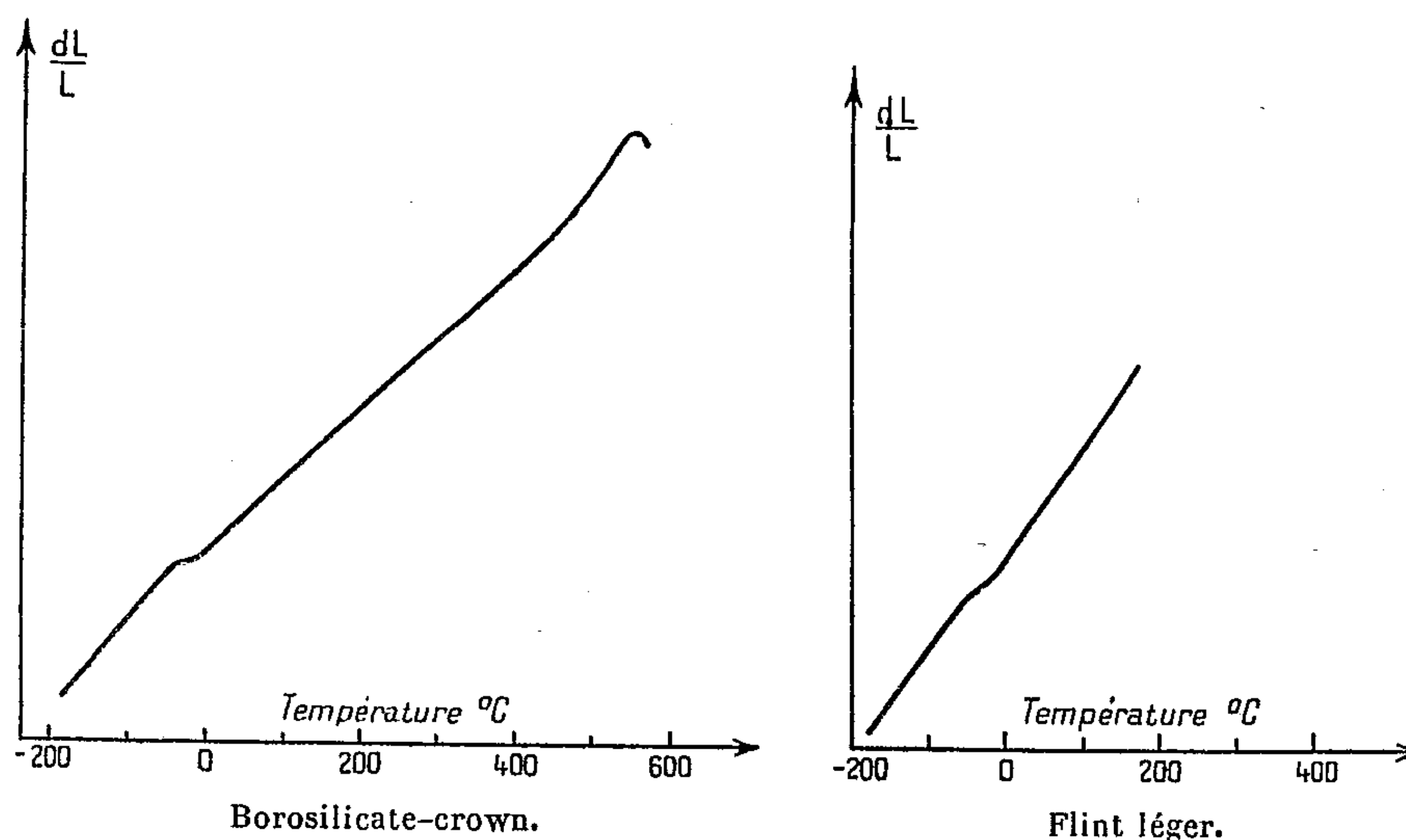
trajectoire ou présentent des mouvements tout à fait désordonnés. D'autres ont une photophorèse perpendiculaire au faisceau lumineux.

Bien que ces trajectoires aberrantes puissent être dues, pour une part à l'étroitesse du faisceau auquel certaines particules échappent, il semble subsister une proportion non négligeable de mouvements nettement obliques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'évolution du coefficient de dilatation du verre à basse température*. Note (*) de Mme **Aniuta Winter-Klein**, présentée par M. Frédéric Joliot

On connaît depuis longtemps l'existence pour les verres d'un domaine de températures dit domaine de transformation, dans lequel les constantes physiques du verre telles que *p. e.* n (indice de réfration) ou δ (coefficient de dilatation) varient d'une manière abrupte.

Ce domaine de transformation se situe aux températures élevées de l'ordre de 400°C à 700°C pour les verres courants.



Borosilicate-crown. Flint léger.

L'étude décrite dans la suite porte sur l'évolution du coefficient de dilatation d'un verre en fonction de la température quand celle-ci est inférieure à quelque 20°C. Elle met en évidence l'existence d'un second domaine de température dans lequel le coefficient de dilatation subit une variation brusque analogue à celle qui caractérise le domaine de transformation mentionné plus haut.

(*) Séance du 8 mai 1950.

Cette étude a été faite au moyen d'un dilatomètre différentiel enregistrant la dilatation de l'échantillon étudié comparée à celle d'un étalon (¹).

L'échantillon est mis sous la forme d'une baguette de 50^{mm} de longueur et de 3^{mm} de diamètre. L'enregistrement a été fait entre — 180° C et 600° C pour certains verres et entre — 150° C et 400° C pour d'autres.

La figure 1 représente les courbes obtenues pour deux verres étudiés : un borosilicate-crown et un flint léger.

Pour le borosilicate-crown, le coefficient de dilatation varie de $9,2.10^{-6}$ à $5,3.10^{-6}$ entre — 5° C et — 35° C.

Pour le flint, le coefficient de dilatation passe de 8.10^{-6} à 6.10^{-6} entre — 15° C et — 45° C.

Une anomalie similaire dans l'évolution du coefficient de dilatation a été observée pour chacun des six verres étudiés.

La température au voisinage de laquelle le coefficient de dilation subit sa variation brusque est différente pour chaque verre et pour les cas étudiés, est comprise entre — 50° C et + 10° C.

L'interprétation de cette anomalie semble encore plus difficile que l'interprétation de celle qui caractérise le domaine de transformation, car les possibilités de réarrangement moléculaire à ces basses températures semblent très restreintes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution expérimentale à l'étude du mécanisme de l'explosion du nitrate ammonique.* Note (*) de M. **Armand-H. Delsemme**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le chauffage du nitrate ammonique en milieu non confiné en provoque d'abord la décomposition lente, puis la combustion.

Au contraire, la décomposition lente du nitrate ammonique chauffé en enceinte fermée, provoque une élévation rapide de pression. Lorsque le confinement est suffisant pour maintenir une pression d'une vingtaine d'atmosphères, le nitrate ammonique explose au moment où il atteint la température de 290° C (¹).

Un dispositif expérimental original a été mis au point pour l'étude spectroscopique de l'évolution des gaz de décomposition sous pression quelques instants avant une telle explosion. Il consiste en un four à chauffage électrique, une cellule en acier inoxydable, à l'épreuve des hautes pressions (100 kg/cm²), contenant une charge de 5^g de nitrate ammonique chimiquement

(¹) L'étalon utilisé est une baguette en pyros dont la dilatation est réversible et sans anomalie. *Voir* P. Chevenard, *Recherches expérimentales sur les alliages de fer, de nickel et de chrome*, p. 41.

(*) Séance du 15 mai 1950.

(¹) Herquet, *Chimie et Industrie*, n° spécial XXIᵉ Congrès, 1948, p. 78.

pur; deux fenêtres de quartz de 20^{mm} de diamètre et de 10^{mm} d'épaisseur, permettant l'observation des gaz sous pression au travers d'un chemin optique variant selon le cas de 2 à 80^{mm}; un couple thermo-électrique et un manomètre pour mesurer la température et la pression et enfin un clapet de sûreté vers 60 kg/cm² pour protéger les fenêtres de quartz.

Une lampe à hydrogène éclaire la fente d'un petit spectrographe Hilger, au travers de la cellule d'observation. Une cinquantaine de spectres sont enregistrés de minute en minute, constituant en quelque sorte le film de l'évolution des produits de décomposition avant l'explosion.

Une vingtaine d'explosions ont été réussies; le millier de spectres obtenus contient de nombreux renseignements sur l'évolution des gaz dans les instants précédant les explosions. Les zones intéressantes se trouvent notamment situées dans le début de l'ultraviolet lointain, de 1850 à 2300 Å, accessible commodément au moyen de plaques photographiques presque privées de gélatine.

Nous avons notamment observé les systèmes de bandes de NO et de NH_3 (²), (³) et (⁴).

Avec un chemin optique de 4^{mm}, les instants avant l'explosion peuvent se schématiser comme suit pour le nitrate bien sec (moins de 0,1 % d'eau) :

Minutes avant l'explosion.	Tempé-rature.	Pression totale de la phase gazeuse (kg/cm²).	Bandes de NO.	Bandes de NH_3.
10	240°	1	–	–
8	250	2	faibles	–
6	260	3	moyennes	faibles
4	270	6	intenses	moyennes
2	280	20	intenses	intenses
0	290	60	moyennes	très intenses

Lorsque le nitrate est bien sec, l'explosion se produit toujours. Au contraire, lorsque le nitrate est mal séché (ordre de grandeur 0,4 % d'eau), une combustion rapide vers 290° remplace l'explosion. Dans ce cas, les bandes de NH_3 apparaissent plus tôt et sont plus intenses, tandis que les bandes de NO apparaissent plus tard, sont moins intenses et ne semblent nullement diminuer d'intensité un instant avant la combustion. Voici le schéma du phénomène pour le nitrate mal séché :

(²) G. HERTZBERG et L. MUNDIE, *J. Ch. Phys.*, 8, 1940, p. 263.

(³) A. DUNCAN, *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 822.

(⁴) J. DIXON, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 711.

Minutes avant l'explosion.	Tempé-rature.	Pression totale de la phase gazeuse (kg/cm²).	Bandes de NO.	Bandes de NH_3.
10	240°	1	–	–
8	250	2	–	faibles
6	260	3	–	moyennes
4	270	6	très faibles	intenses
2	280	20	très faibles	très intenses
0	290	50	faibles	très intenses

D'autres bandes discrètes ainsi qu'un continuum ont été observés à différents stades du phénomène. Leur étude détaillée se poursuit actuellement.

L'interprétation la plus vraisemblable de nos résultats expérimentaux actuels nous semble être la suivante :

La présence d'eau catalyse la décomposition en $NH_3 + HNO_3$, au détriment des différentes possibilités de décomposition en vapeurs nitreuses (notamment en NO).

Or, les réactions de décomposition du nitrate ammonique conduisant à des vapeurs nitreuses sont toutes plus ou moins exothermiques (de +5 à +15 kcal/môle) (5) et (6).

Au contraire, la seule réaction de décomposition conduisant à NH_3 est fortement endothermique (—41 kcal/mole) (5) et (6).

Il est donc plausible d'admettre que la présence d'eau, en favorisant le développement d'une telle réaction, ralentit considérablement l'allure de la décomposition qui perd son caractère explosif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les acides humiques issus de l'hydroquinone.* Note de Mlle **Pierrette Cornec** et M. **Henry Brusset**, présentée par M. Paul Pascal.

L'oxydation alcaline de l'hydroquinone par un persulfate produit rapidement une notable quantité de corps humiques qui, en milieu ammoniacal, contiennent une certaine quantité d'azote; le persulfate d'ammonium conduit à un milieu acide avec production de quinhydrone. Pour un pH constant de 11-12, en présence de soude, on a de meilleurs rendements qu'en pH 9,5 en présence d'ammoniaque et de chlorure d'ammonium.

L'oxydation des polyphénols, en particulier de l'hydroquinone, peut conduire à des produits bruns, dits acides humiques de synthèse ou même acides

(5) M. Berthelot, *Ann. Chim. Phys.*, iv, **18**, 1869, p. 77; **22**, 1871, p. 81; v, **6**, 1875, p. 188; **10**, 1877, p. 364.

(6) M. Berthelot, *Comptes rendus*, **82**, 1876, p. 932.

hydroquinone-humiques (¹). Seuls les phénols susceptibles de prendre une structure quinonique, peuvent donner des acides humiques; c'est ainsi que, par oxydation, le dioxy-1.3 benzène ou résorcine ne donne pas de produits humiques. Avec l'hydroquinone, au contraire, on peut en obtenir.

Un traitement très favorable à ce mode d'évolution est l'oxydation, en milieu basique, par un sel alcalin de l'acide peroxydisulfurique $S_2O_8H_2$.

A. Nous avons étudié dans ces conditions différents oxydants, dans le but de fixer le plus convenable (persulfates, peroxyde d'hydrogène, hypochlorite de sodium, air). Dans tous les cas, nous avons observé un brunissement plus ou moins rapide de la solution alcaline d'hydroquinone et nous avons déterminé dans chaque cas le poids de précipité obtenu par acidification. Nous avons donc trouvé que les persulfates agissaient beaucoup plus rapidement et beaucoup plus complètement, comme le montrent les résultats suivants :

5^g d'hydroquinone conduisent à des poids moyens de substance humique sèche, précipitée en milieu acide, de :

$4^g,5$ pour l'oxydation par le persulfate : précipité obtenu par une oxydation d'une heure environ;

$2^g,5$ pour l'oxydation par l'eau oxygénée : précipité obtenu après plusieurs jours d'oxydation, alors qu'une oxydation de quelques minutes ne donne qu'un précipité inappréciable ou faible.

Précipité encore inappréciable avec ClONa au bout de plusieurs jours; on observe seulement un brunissement rapide de la liqueur après addition de l'hypochlorite.

Avec l'air, précipité encore inappréciable au bout de plusieurs jours; le brunissement est moins rapide que dans les cas précédents.

B. Nous avons étudié l'oxydation en présence d'une base non azotée, comme la soude, et l'oxydation en présence d'ammoniaque ou d'un sel d'ammonium.

Nous avons trouvé, dans le cas d'une oxydation réalisée au sein de l'ammoniaque, un pourcentage d'environ 7 % d'azote fixé sur le produit d'oxydation franchement noir. Ce produit serait donc essentiellement différent du produit de couleur brune obtenu en solution sodique par oxydation par $S_2O_8Na_2$. En opérant dans d'autres conditions, en présence d'ammoniaque, nous avons toujours trouvé de l'azote dans le produit humique, mais parfois en moindre quantité (1,39 % dans un exemple situé plus loin).

C. Nous avons étudié le rôle de l'évolution du pH. On sait que l'oxydation en milieu acide de l'hydroquinone conduit à la quinhydrone. En opérant avec le persulfate d'ammonium nous avons remarqué que le pH tend à décroître même en présence d'un certain excès de base, et bientôt nous nous trouvons en

(¹) W. Eller et K. Koch (B. 53, 1469, 1476).

milieu acide, favorable à la formation de quinhydrone. Nous avons montré la présence de ce composé et l'avons identifié par son point de fusion et ses propriétés :

Dans le cas d'un mélange, nous avons essayé de séparer par dissolution dans l'acétone la quinhydrone et le produit humique mais la séparation est assez délicate, car une partie de l'acide humique, est généralement soluble dans le solvant utilisé; aussi, pour orienter l'oxydation de l'hydroquinone uniquement vers la formation d'acide humique avons nous maintenu le pH à des valeurs sensiblement constantes de deux manières :

a. En opérant en solution tampon $ClNH_4$, NH_4OH (pH voisin de 9,5).

b. En ajoutant progressivement une certaine quantité de base (NaOH en présence de $S_2O_8Na_2$), (pH variant entre 12,2 et 11,2). (Le contrôle de la valeur du pH était fait par un pH-mètre à électrode de verre.)

La deuxième opération nous a fourni les meilleurs résultats; rendement par rapport à la quantité d'hydroquinone utilisée : 85 % dans ce cas, et 55 % dans le premier cas.

D. L'analyse élémentaire de divers produits de ce groupe donne les valeurs suivantes, et montre une nette diversité des substances obtenues.

	C %.	H %.	O %.	N %.
Hydroquinone	65,45	5,45	29,10	0,0
Quinhydrone	66,05	4,59	29,36	0,0
Quinone	66,66	3,70	29,64	0,0
Acide humique brut A en pH 11-12 (milieu sans azote)	61,96	3,36	34,68	0,0
Acide humique brut B en pH 9,5 (milieu ammoniacal)	59,87	2,98	35,74	1,39
Autres acides synthétiques ([2]). 1	58,06	3,22	38,72	0,0
Autres acides synthétiques ([2]). 2	51,8	2,16	46,04	0,0
Autres acides synthétiques ([2]). 3	60,43	5,03	34.54	0,0

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la nature chimique des surfaces métalliques polies électrolytiquement et son importance pratique*. Note de MM. **Pierre-A. Jacquet** et **Marcel Jean**, présentée par M. Paul Pascal.

Les surfaces de cuivre, zinc et magnésium, polies électrolytiquement dans les solutions d'acide phosphorique peuvent retenir des traces d'un composé contenant du phosphore. Le fer poli en milieu phosphochromique ne retient pas de composés riches en phosphore ou en chrome, mais est vraisemblablement recouvert d'oxyde. Ces résultats sont discutés du point de vue de certaines propriétés particulières aux métaux polis électrolytiquement.

La diffraction d'électrons montre que les surfaces polies électrolytiquement correspondent en général au métal pur ou recouvert d'une couche d'oxyde très

([2]) H. Brusset, *Bull. Soc. Chim.*, 610, 1943, p. 117.

mince. A ce point de vue la nature de l'électrolyte et les conditions électriques jouent, outre la technique de lavage, un rôle essentiel. Dans le cas particulier du zinc poli en milieu phosphorique, le diagramme de diffraction est complexe et correspondrait à une impureté superficielle non identifiée [1].

Selon H. Raether [1] le cuivre poli dans l'acide orthophosphorique, bien qu'il donne un diagramme de métal pur cristallisé, ne se comporte pas comme le cuivre déposé par évaporation sous vide. Celui-ci s'oxyde immédiatement à l'air, alors que le premier peut y séjourner de 2 à 24 heures sans qu'apparaisse le diagramme net de l'oxyde.

Ces observations pourraient s'interpréter par la présence d'impuretés autres que les oxydes, non toujours décelables par les électrons, et provenant de l'adsorption ou de la combinaison, sur la surface du métal, d'un ou plusieurs des constituants de la couche anodique formée au cours de l'électrolyse.

Pour vérifier une telle hypothèse nous avons dosé avec des techniques analytiques de haute sensibilité, dont les détails seront publiés ailleurs, le phosphore sur le cuivre, le zinc et le magnésium très purs, polis dans l'acide orthophosphorique, ainsi que le phosphore et le chrome sur le fer poli dans un mélange des acides phosphorique et chromique.

L'ensemble des résultats (tableau I) montre que la proportion de surfaces non polluées, ou supportant des quantités de phosphore comprises entre certaines limites, varie avec le métal. La possibilité d'obtention d'une surface pure est plus grande pour le cuivre que pour le zinc et apparaît nulle avec le magnésium. Les surfaces de fer ne retiennent ni phosphore, ni chrome.

TABLEAU I.

Métal.	Nombre de spécimens.	Pourcentage de spécimens retenant des quantités de phosphore (exprimées en γ de P_2O_5 par cm^2), de				
		0.	0,025-0,100.	0,125-0,500.	0,525-1,000.	>1,000.
Cuivre........	36	36	22	25	7	11
Zinc..........	46	19	9	56	6	9
Magnésium	6	–	–	–	50	50
Fer...........	15	100	–	–	–	–

Sur le zinc, les teneurs les plus fréquentes en phosphore, exprimées en γ de P_2O_5 par centimètre carré, sont comprises entre 0,105 et 0,500, alors que sur le cuivre les concentrations 0,025-0,100 et 0,105-0,500 se rencontrent à peu près avec la même fréquence. Les surfaces de magnésium seraient les plus chargées, bien que le petit nombre de spécimens ne permette pas de conclusion définitive.

Les méthodes les plus efficaces de lavage des surfaces polies sont : *a*. pour le cuivre, deux lavages de 30 à 60 secondes sous l'eau courante, séparés par

(1) Communication privée : voir aussi *Métaux et Corrosion*, **24**, 1949, p, 145.

une immersion de 5 secondes dans l'acide phosphorique à 10 % ; *b.* pour le zinc; l'agitation de la surface dans le bain de polissage, le courant étant interrompu, suivi d'un rinçage à l'eau, ou bien le processus *a* dans lequel l'acide phosphorique est remplacé par la soude à 10 %.

Étant donné que nous ignorons la nature exacte du composé phosphoré retenu sur les surfaces, le calcul de l'épaisseur du film est impossible. En admettant qu'il s'agisse d'orthophosphate, l'épaisseur moyenne la plus probable sur le zinc serait comprise entre 30 et 120 Å, en bon accord avec la valeur minimum 50 Å que Raether (¹) admet être nécessaire pour expliquer l'absence de diagramme électronique du métal.

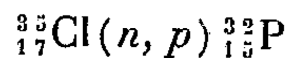
Puisque le fer poli en milieu phosphochromique ne retient ni phosphore ni chrome, mais présente néanmoins l'état passif, cet état ne peut être dû qu'à une pellicule d'oxyde. Compte tenu de récentes observations (²), la présence d'un oxyde en couche mince et continue rendrait compte des remarquables caractéristiques de frottement et d'usure de ces surfaces (³), et peut-être aussi de l'amélioration de la capacité de déformation plastique d'un certain nombre de métaux et alliages après un polissage électrolytique dans des conditions qui favorisent l'oxydation superficielle (⁴).

D'une manière générale, la présence éventuelle sur les surfaces polies dans les électrolytes visqueux et en l'absence de dégagement gazeux, d'une fraction infime de la couche anodique, est importante à considérer lorsque ces surfaces sont destinées à des études sur les phénomènes d'oxydation, de corrosion, de frottement, d'émission électronique, etc.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Valences du radiophosphore dans les cristaux colorés et décolorés de* NaCl *irradié par des neutrons.* Note de MM. **Pierre Süe** et **Roger Caillat**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le rapport des valences P^{5+} et $P^{<5+}$ varie suivant que NaCl irradié par des neutrons est traité avant ou après décoloration. C'est ainsi que $P^{5+} = 43$ % en moyenne sur le sel coloré et 30 % en moyenne sur NaCl décoloré.

Nous avons montré dans un récent travail (¹) que le radiophosphore formé par la réaction



$$^{35}_{17}\mathrm{Cl}(n, p)\,^{32}_{15}\mathrm{P}$$

dans les chlorures alcalins irradiés par les neutrons de la pile de Châtillon est extrait en quantités sensiblement égales à une valence égale à 5 et aux valences plus petites que 5.

(²) E. D. Tingle, *Trans. Faraday Soc.*, **46**, 1950, p. 93.
(³) R. Mondon, *Technique et Science aéronautiques*, n° **4**, 1949, p. 186.
(⁴) R. Halut, Brevet français, n° provisoire **537 818**, juillet 1947; P. A. Jacquet, *Metal Finishing*, **48**, 1950, p. 55.

(¹) Caillat et Süe, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1666.

Pour interpréter ces résultats, nous avons proposé en première approximation l'hypothèse suivante : le radiophosphore formé est présent, dans le réseau cristallin localement déformé, à l'état d'ions P^{5+} et $P^{<5+}$.

Par ailleurs, le réseau contient également des électrons associés à des centres F qui donnent au cristal une coloration caractéristique qui disparaît par chauffage; les électrons des centres F sont alors libérés dans le réseau. On peut s'attendre à ce que les ions P^{5+} et $P^{<+5}$ fixent une partie des électrons libérés. Ce fait se traduirait en particulier, après l'extraction du radiophosphore, par un abaissement de la proportion de radiophosphore entraîné par les phosphates.

C'est ce que nous avons vérifié sur des monocristaux de chlorure de sodium obtenus par voie ignée et irradiés par des neutrons.

Dans une première expérience nous avons comparé les proportions de phosphore P^{5+} et $P^{<5+}$ extraites des deux moitiés d'un même cristal irradié 2 jours et 2 nuits. La première moitié est dissoute après l'irradiation, la seconde n'est dissoute qu'après décoloration par un chauffage de quelques minutes à environ 350° C.

Une seconde expérience a été faite, semblable en tous points à la première, mais l'irradiation avait duré 15 jours.

Le tableau ci-dessous des valeurs expérimentales obtenues en suivant le mode opératoire précédemment décrit ([1]) montre un abaissement sensible de la proportion de P^{5+} dans le cristal décoloré.

Expérience.	Durée d'irradiation.	Cristal coloré. P^{5+}.	Cristal coloré. $P^{<5+}$.	Le même décoloré. P^{5+}.	Le même décoloré. $P^{<5+}$.
1re expérience	48 heures	46	61,4	–	–
	»	49,2	63,4	27,4	69,8
	»	42	56	27,2	76,1
2e expérience	15 jours..................	41	51,5	29	54,5
	Cristal irradié précédemment 48 heures	41	58,6	33	60,5
		40,5	52	34,7	62,5
Moyennes		43	57,1	30,5	64,7
Somme $P^{5+} + P^{<5+}$.............		100		95,2	

Les valeurs obtenues pour le cristal coloré sont en bon accord avec celles que nous avons précédemment publiées ([1]).

Ces résultats peuvent être considérés comme un appui expérimental à l'hypothèse que nous avons proposée. En effet les électrons, issus des centres F et libérés dans le réseau, se fixeraient sur les ions P^{5+} en les amenant à une valence inférieure à 5.

Ils attirent également l'attention sur l'importance du traitement subi par le cristal après l'irradiation lorsque l'on se propose de déterminer la valence d'extraction de l'élément radioactif qu'il contient.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Analyseurs photoélectriques pour le dosage des gaz colorés.* Note de MM. **François Bertein**, **Claude Cherrier**, **Léon Verot** et **Richard Wagner**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le principe de fonctionnement d'un tel analyseur est d'une grande simplicité : un tube de verre de longueur convenable, démontable et interchangeable, est monté en dérivation sur la conduite principale des gaz à analyser, une des extrémités du tube est éclairée par une lampe à incandescence; à l'autre extrémité on place une cellule photoélectrique dont les variations de courant, lorsque le tube est traversé par le gaz sont suffisamment amplifiées pour permettre le déclenchement d'un relais d'alarme. La longueur optimum du tube analyseur peut être rapidement déterminée par le calcul en fonction des caractéristiques de l'amplificateur et de la concentration moyenne du gaz à doser.

Nous avons mis au point des appareils de ce genre pour le dosage des gaz colorés suivants :

1° détermination et enregistrement automatique de la teneur en Cl_2 ou NO_2 d'un mélange gazeux;

2° dosage de la teneur en humidité d'un gaz;

3° signalisation du passage dans une conduite d'une quantité d'un de ces gaz supérieure à un taux fixé *a priori*, et déclenchement d'une signalisation permettant l'arrêt immédiat de toute circulation gazeuse dans la conduite sous contrôle.

Pour les gaz indiqués ci-dessus on a intérêt à se placer dans le domaine spectral compris entre 3 500 et 4 000 Å, où nous avons utilisé avec succès des cellules à vide du type RCA 929, 934 et 926. Une méthode différentielle a permis d'éliminer les fluctuations incontrôlables de la lampe d'éclairage du tube; pour cela on utilise une seconde cellule dite de comparaison éclairée directement par la lampe et un second amplificateur identique au premier; on recueille la différence de tension aux bornes des résistances de charge des amplicateurs. Suivant la concentration du gaz à doser, on emploie un amplificateur à courant continu comportant un ou plusieurs étages suivi d'un dispositif à cathode follower permettant d'actionner un relais de faible puissance (de l'ordre de 20 mW). Les mêmes appareils permettent d'alimenter un dispositif enregistreur donnant à chaque instant la composition du mélange gazeux étudié. Le réglage de l'analyseur peut être réalisé soit électriquement (par le réglage de l'amplificateur), soit optiquement par un obturateur placé devant une cellule et permettant l'égalisation des courants photoélectriques.

Voici quelques exemples des résultats obtenus : le dosage du chlore avec un tube d'analyse de 75^{cm} de longueur dans l'intervalle 0-1,5 % [1] permet de

[1] Les % s'entendent en volume.

déceler aisément 0,02 % de chlore et de faire fonctionner un dispositif d'alarme à 0,25 % de chlore.

Pour le dosage du peroxyde d'azote, un appareil identique peut déceler 0,01 % de NO_2 dans l'intervalle 0-0,2 %. Avec un tube de 25^{cm}, l'intervalle est de 0,2 à 12 % ; avec un tube de 8^{mm} il est de 0,5 à 18 %.

On peut aussi étaler l'intervalle de mesure au voisinage d'une concentration moyenne à l'aide d'un dispositif de compensation électrique et de filtres optiques étalonnés préalablement de façon, par exemple, à doser NO_2 dans l'intervalle 10-12 % avec une erreur absolue de 0,02 %.

Pour les analyseurs à NO_2, les tubes peuvent être montés de manière à opérer à des températures constantes comprises entre 0 et 300° en refroidissant les cellules; les étalonnages doivent alors être faits pour les températures d'utilisation.

Pour déterminer la teneur en humidité d'un gaz, on crée un brouillard en faisant circuler le gaz étudié à travers un oléum de titre constant; l'opacité de ce brouillard est analysée de façon continue par un analyseur à cellules du type précédent. On fait circuler l'oléum constamment dans une colonne remplie d'anneaux de Raschig, et l'air humide arrive selon le principe du contre-courant, en bas de la colonne; à la sortie de cette colonne on arrête les grosses particules de brouillard par un filtre de façon à éviter la formation de dépôts sur le tube analyseur, dépôts susceptibles de provoquer une dérive de la tension de sortie. Tout l'appareillage doit être maintenu à température constante à $\pm 0°,5$ et le titre de l'oléum doit être constant pour une température donnée.

L'appareil est réalisé pour doser des teneurs en humidité comprises entre 20 et 200 mg/m^3 à 2 % près du maximum de l'échelle avec un tube d'analyse de 25^{cm} de long.

Pour une température de l'ordre de 35° C, le titre de l'oléum en SO_3 est voisin de 5 % ; la consommation journalière en oléum est de 500$^{cm^3}$ environ.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de la substitution, dans l'hydroxyapatite, du radical hydroxyle par le chlore ou le fluor, et dans la chlorapatite, du chlore par le fluor.* Note (*) de MM. ROBERT WALLAEYS et GEORGES CHAUDRON, transmise par M. Pierre Jolibois.

Nous avons préparé, comme dans une étude antérieure ([1]), la fluorapatite et la chlorapatite par addition, vers 800°, de fluorure ou de chlorure de calcium au phosphate tricalcique anhydre. L'hydroxyapatite a été obtenue par satura-

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) G. CHAUDRON et R. WALLAEYS, *Bull. Soc. Chim. France*, fasc. 3, 1949, p. 132 et *Colloque international sur les réactions dans l'état solide*, Paris, 1948, p. 103.

tion à 100° de l'acide phosphorique par de la chaux en suspension aqueuse, puis le précipité était chauffé à 1100° afin d'éliminer complètement l'eau adsorbée. La technique de diffraction des rayons X en rayonnement monochromatique nous a permis d'identifier avec beaucoup de précision chacune de ces apatites (*voir* les diagrammes X de la figure 1).

Si l'on chauffe vers 800° la chlorapatite en présence de fluorure de calcium, il se produit une réaction de substitution correspondant à l'équation suivante :



$$(P_2O_5,\ 3CaO)_3Cl_2Ca + F_2Ca \rightarrow (P_2O_5,\ 3CaO)_3F_2Ca + Cl_2Ca.$$

Il apparaît alors du chlorure de calcium soluble dans l'eau et le diagramme de rayons X met en évidence la transformation de la chlorapatite en fluorapatite (*fig.* 1).

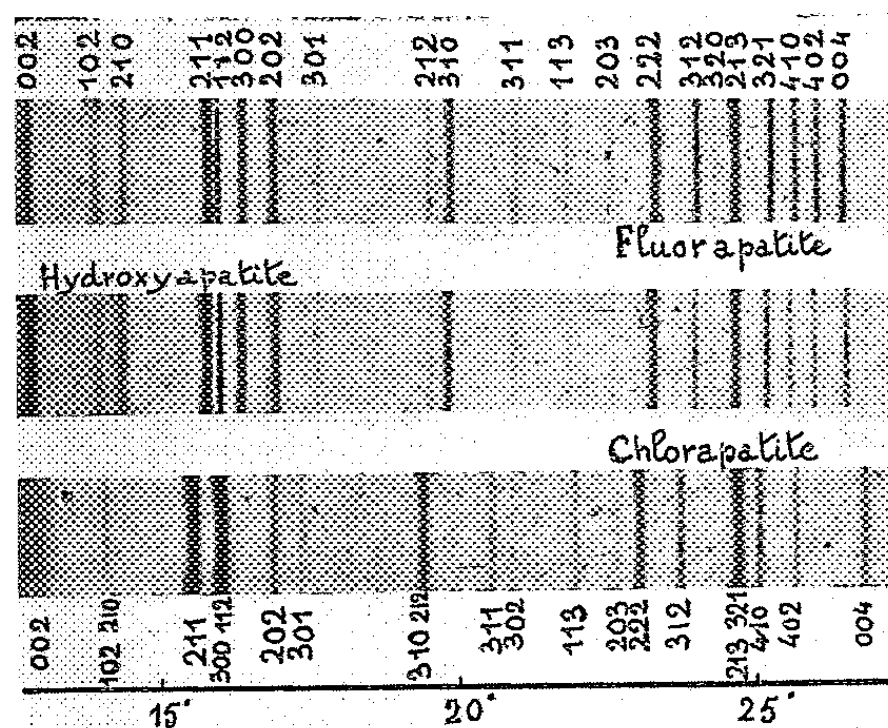
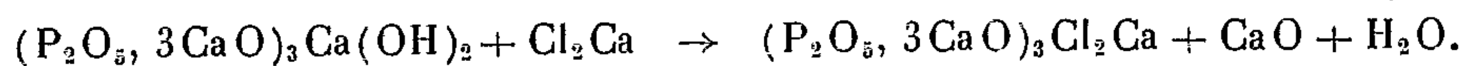


Fig. 1.

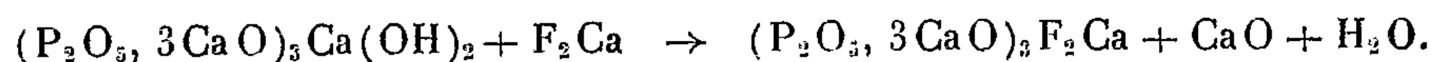
De même, dans l'hydroxyapatite on peut également remplacer, aux environs de 800°, le groupement $Ca(OH)_2$ par le groupement Cl_2Ca. On doit opérer dans l'azote sec ou dans le vide phosphorique afin d'éviter des réactions secondaires dont nous aurons l'occasion de parler dans une publication ultérieure. La réaction peut s'écrire de la manière suivante :



$$(P_2O_5,\ 3CaO)_3Ca(OH)_2 + Cl_2Ca \rightarrow (P_2O_5,\ 3CaO)_3Cl_2Ca + CaO + H_2O.$$

On notera l'apparition de chaux libre. Les diagrammes de l'hydroxyapatite et de la chlorapatite (*fig.* 1), très différents l'un de l'autre, mettent nettement en évidence cette transformation.

On peut également effectuer la substitution dans l'hydroxyapatite par le fluorure de calcium :



$$(P_2O_5,\ 3CaO)_3Ca(OH)_2 + F_2Ca \rightarrow (P_2O_5,\ 3CaO)_3F_2Ca + CaO + H_2O.$$

On constate après la réaction l'apparition de l'alcalinité due à la mise en liberté de chaux libre, mais dans ce cas les diagrammes de l'hydroxyapatite et de la fluorapatite sont assez voisins; le changement de phase ne fait pourtant aucun doute, car si l'on fait des mesures de paramètre cristallin par rapport au chlorure de sodium pris comme étalon, on constate une différence de 0,05 Å pour le paramètre *a* de l'hydroxyapatite par rapport à celui de la fluorapatite? Or les mesures sont reproductibles à 0,001 Å près.

De plus, l'exactitude de l'équation précédente a été démontrée au moyen de la pesée continue à la thermobalance en température croissante (*fig.* 2).

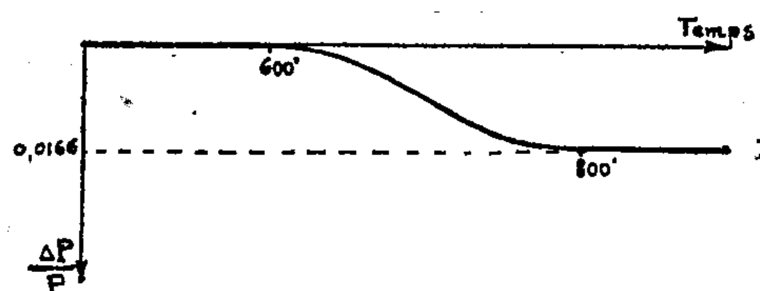


Fig. 2.

A partir de 600°, on observe une perte de poids progressive qui révèle le départ de l'eau de constitution de l'hydroxyapatite au fur et à mesure de la substitution. On a constaté que ce départ d'eau était quantitatif et qu'il donne ainsi la meilleure méthode pour distinguer l'hydroxyapatite d'une éventuelle oxyapatite. Cette dernière réaction nous a montré en effet que par chauffage au delà de 1000° l'hydroxyapatite était stable et qu'il n'apparaissait pas d'oxyapatite, contrairement aux conclusions de plusieurs auteurs ([2]), ([3]), ([4]). Nous avions du reste posé nous-mêmes ce problème de l'existence de l'oxyapatite dans un Mémoire antérieur ([1]).

Il est important de constater que les substitutions que nous venons d'étudier peuvent être effectuées partiellement, et qu'il est alors possible de préparer de nouvelles apatites mixtes chlor-hydroxyapatites et fluor-hydroxyapatites qui viennent ainsi compléter la liste des composés mixtes comme les fluor-chlorapatites que nous avions déjà signalées ([1]).

Enfin, ces réactions de substitution montrent que l'on peut classer dans les conditions de nos expériences les trois apatites étudiées par ordre de stabilité relative croissante : hydroxyapatite, chlorapatite et fluorapatite.

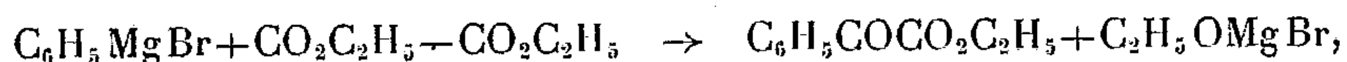
([2]) HENDRICKS JEFFERSON et MOSLEY, *Z. Kristallogr.*, **81**, 1932, p. 352.
([3]) BRÉDIG, FRANK et FULDNER, *Z. Elektrochem.*, **38**, 1932, p. 158 et **39**, 1933, p. 959.
([4]) MAC INTYRE PALMER et MARSHALL, *Ind. Eng. Chem.*, **37**, 1945, p. 164.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse asymétrique par échange fonctionnel. Cas de l'acide phénylglyoxylique et de son ester menthylique opposés au menthol.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Albert Antonini**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'hydrogénation de l'acide phénylglyoxylique $C_6H_5-CO-CO_2H$ par le menthylate $C_{10}H_{19}OMgBr$ donne un acide mandélique $C_6H_5-CHOH-CO_2H$ actif $[\alpha]$ 54° (¹). On a donc ainsi une synthèse asymétrique par échange fonctionnel. Il en est de même si l'on remplace l'acide par son ester menthylique; on obtient un acide mandélique $[\alpha]$ 66°. Les taux de synthèse asymétrique sont respectivement de 33 et 41 %.

Dans une Note récente de MM. von Dœring et R. W. Young (²) sur *la réduction de Meerwein, Ponndorf, Verley partiellement asymétrique*, ces auteurs ont fait l'hydrogénation de la 6-méthyl-2 heptanone par le butanol-2 actif et celle de la méthylcyclohexylcétone par le 3-méthyl-2 butanol actif et obtenu l'alcool correspondant à la cétone avec un pouvoir rotatoire de 0°,56 et 1°,03. Ceci nous amène à publier certains des résultats que nous avons obtenus dans une étude analogue, bien que celle-ci soit encore incomplète. Nous ne décrirons ici que l'hydrogénation de l'acide phénylglyoxylique et de son ester menthylique par le menthylate de bromomagnésium.

Préparation de l'acide phénylglyoxylique. — Celle qui nous a donné les meilleurs résultats consiste à faire réagir le magnésien du bromobenzène sur l'oxalate diéthylique



$$C_6H_5MgBr + CO_2C_2H_5-CO_2C_2H_5 \rightarrow C_6H_5COCO_2C_2H_5 + C_2H_5OMgBr,$$

méthode déjà employée en série grasse par Th. Wieland (³).

Le rendement en ester est bon (environ 80 %) à condition d'employer un notable excès d'oxalate, 4 à 5^{mol} pour une, et d'éviter toute élévation de température. On obtient un ester E_{15} 145-148° qui donne un acide E_{15} 163-167°. Celui-ci, après cristallisation dans un mélange benzène éther de pétrole, fond nettement à 67°.

Préparation du menthylate de bromomagnésium. — On fait tomber peu à peu sur un excès de magnésium un mélange équimoléculaire de bromobenzène et de menthol $[\alpha]$ — 51°,5 en solution dans l'éther. Le titrage à l'acide sulfurique indique un rendement variant suivant les expériences de 90 à 95 %.

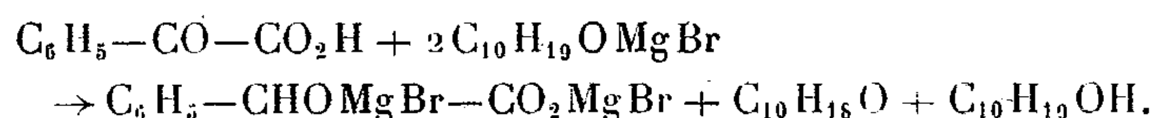
Hydrogénation. — On ajoute la solution de menthylate à l'acide phénylglyoxylique dissous dans l'éther. Il se fait d'abord un précipité qui se redissout ensuite. Il convient d'employer un excès de menthylate, 3^{mol} pour 1 d'acide au

(¹) Tous les pouvoirs rotatoires sont pris pour λ 578, dans l'alcool C 0,05.

(²) *Am. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 631.

(³) *Ber.*, 81, 1948, p. 314.

lieu de 2 théoriquement nécessaires : une pour la formation du sel et une pour l'hydrogénation de la fonction cétone, cette deuxième molécule de menthylate étant elle-même transformée en menthone $C_{10}H_{18}O$.



$$C_6H_5-CO-CO_2H + 2C_{10}H_{19}OMgBr$$
$$\rightarrow C_6H_5-CHOMgBr-CO_2MgBr + C_{10}H_{18}O + C_{10}H_{19}OH.$$

On suit l'hydrogénation en dosant, sur une prise d'essai, la menthone formée, à l'aide du chlorhydrate d'hydroxylamine en présence de bleu de bromophénol.

A la fin de la réaction, qui est très lente à la température ordinaire, on libère les acides et le menthol par ClH dilué, puis de la solution éthérée on extrait le mélange d'acides par la soude 5 N. On lave soigneusement la solution aqueuse à l'éther pour enlever tout corps neutre actif, puis l'on revient aux acides.

Une expérience portant sur 15^g d'acide phénylglyoxylique et 47^g de menthol a donné, au bout d'un mois à 30°, $13^g,2$ d'acide brut $[\alpha] + 48°,7$, contenant, d'après le dosage de la menthone formée, environ 90 % d'acide mandélique, soit pour celui-ci un pouvoir rotatoire de 54° au lieu de 160° pour l'acide optiquement pur.

Le taux de synthèse asymétrique est donc de 33 %, *soit* 2^{mol} *de droit pour* 1 *de gauche.*

Un autre essai de synthèse asymétrique a été fait par le même procédé, *sur le phénylglyoxylate de menthyle.*

On obtient cet ester par mentholyse du phénylglyoxylate d'éthyle : on mélange, molécule à molécule, les solutions éthérées de l'ester éthylique et du menthylate de bromomagnésium. Il se produit un échauffement très net. Au bout de quelques minutes, on ajoute de la glace et ClH dilué, on sèche la solution éthérée sur SO_4Na_2 et distille sous vide; après une nouvelle rectification le phénylglyoxylate de menthyle distille à 212-213° (non cor.) sous 13^{mm}. Par cristallisation dans l'éther de pétrole on obtient de beaux cristaux F 73°, $[\alpha] - 45°,7$.

Dans une expérience, le mélange d'une molécule d'ester et 2^{mol} de menthylate est abandonné pendant 26 jours à 30°. On obtient un mélange d'esters $[\alpha] - 90°,3$. Un dosage de H mobile par CH_3MgI donne une proportion de 79 % de mandélate. Après saponification on a un mélange d'acides $[\alpha] - 52°4$, ce qui donne pour l'acide mandélique formé $[\alpha] - 66°$, *soit un taux de synthèse asymétrique de* 41 %.

Remarque. — Dans cette seconde synthèse, la cause d'asymétrie est double : celle qu'apporte l'hydrogénant et celle qui est due à la présence, dans la molécule, du radical menthyle. Cette seconde cause est suffisante à elle seule : l'hydrogénation du phénylglyoxylate de menthyle par l'éthylate de bromomagnésium nous a donné, en effet, un acide légèrement actif $[\alpha] - 12°$.

Par ailleurs, nous avons pu réaliser des synthèses asymétriques sur d'autres

couples : phénylglyoxylates de méthyle, d'éthyle, de bornyle racémique, napthylglyoxylate d'éthyle, hydrogénés par le menthylate, et phénylglyoxylate d'éthyle hydrogéné par le néomenthylate, le bornylate et l'isobornylate de bromomagnésium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les alcools γ-acétyléniques : le pentyne-4 ol-1*. Note de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

On décrit l'hydratation du pentyne-4 ol-1 en acétopropanol, son oxydation, en décadi-yne-4-6 diol-1-10, sa condensation avec le méthanal seul en hexyne-2 diol-1-6, avec le méthanal et la diéthylamine en diéthylamino-1 hexyne-2 ol-6. La cyclisation du pentyne-4 ol-1 conduit à un mélange de méthényl-2 tétrahydrofuranne et de méthyl-2 dihydrofuranne.

Nous avons indiqué récemment (1) une nouvelle méthode de préparation du pentyne-4 ol-1, qui nous a permis d'obtenir facilement, et en quantité notable, cet alcool acétylénique, auquel la nature et la position relative de ses deux fonctions confèrent un intérêt particulier.

Contrairement à son éther méthylique (2), le pentyne-4 ol-1 est facilement oxydable en milieux *aqueux* par la technique de W. Reppe (3). Agitée en effet dans une atmosphère d'oxygène, une solution de pentynol (17^g), de chlorure cuivreux (6^g) et de chlorure d'ammonium (20^g) dans l'eau faiblement chlorhydrique (eau : 65^g; ClH concentré : $0^{cm^3},5$), absorbe 1250^{cm^3} de gaz en 70 minutes :



$$2\,HO(CH_2)_3-C\equiv CH + O \rightarrow H_2O + HO-(CH_2)_3-C\equiv C-C\equiv C-(CH_2)_3-OH.$$

Le *décadi-yne*-4-6 *diol*-1-10 est obtenu ainsi avec un rendement presque théorique. Il fond à 46° (trouvé %, C 72,5; H 8,75). Sa diphényluréthane fond à 126° (trouvé %, N 7,00). Hydrogéné en présence de nickel Raney ($T = 20°$, $P = 100^{at}$), il conduit au *décanediol*-1-10 (Rdt 70 %), caractérisé par son point de fusion (F 72°), par sa diphényluréthane (F 144°; trouvé %, N 6,75), et par son oxydation nitrique en *acide sébacique* (Rdt 88 %).

L'hydratation du pentynol se fait aisément en chauffant à 60-65° l'alcool avec deux fois son poids d'une solution aqueuse à 4 % de sulfate mercurique. On obtient avec un rendement de 73 % la *propanol*-1 *one*-4 (E_{15} 98-99°; dinitrophénylhydrazone : F 150°) :



$$HC\equiv C-(CH_2)_3OH + HOH \rightarrow CH_3-CO-(CH_2)_3OH$$

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1473.

(2) R. Paul et O. Riobé, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1185.

(3) I. G. Farben, Brevet français, **879.274** du 13 juin 1945.

Vis-à-vis des aldéhydes, le pentynol se comporte exactement comme le propynol. Par exemple, une solution de pentynol dans son poids de formol à 30 %, chauffée durant 5 heures à 100-110° (sous pression d'azote) avec un peu d'hydroxyde cuivreux, conduit à l'*hexyne-2 diol-1.6*, liquide peu mobile bouillant à 145-147° sous 4^{mm}. (D_4^{22} 1,082; N_D^{22} 1,48770; trouvé %, C 63,70; H 9,05)



$$CH_2O + HC{\equiv}C{-}(CH_2)_3OH \xrightarrow{CuOH} HOCH_2{-}C{\equiv}C{-}(CH_2)_3OH.$$

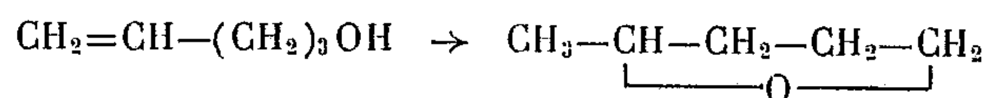
De même, on a obtenu le *diéthylamino-1 hexyne-2 ol-6* (E_3 117-119°; trouvé %, N 8,55; Rdt 69 %) en chauffant 4 heures à 40-50°, sous pression d'azote, une solution acétique diluée (eau : 20$^{cm^3}$, acide acétique : 0,183 M), de pentyne-4 ol-1 (0,2 M), de méthanal à 40 % (0,21 M) et de diéthylamine (0,2 M), en présence de chlorure cuivrique :



$$(C_2H_5)_2NH + CH_2O + HC{\equiv}C{-}(CH_2)_3OH \rightarrow (C_2H_5)_2N{-}CH_2{-}C{\equiv}C{-}(CH_2)_3OH.$$

Par hydrogénation à la température ordinaire, on obtient comme produit principal le *diéthylamino-1 hexanol-6* bouillant à 139-140° sous 20^{mm}.

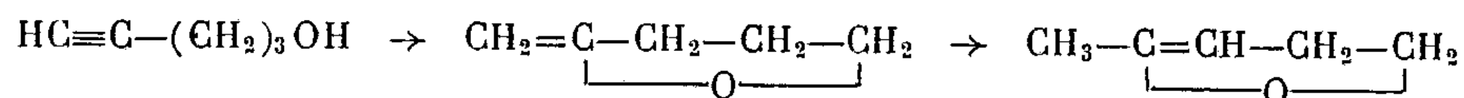
Enfin, la facilité avec laquelle les alcools γ-éthyléniques se cyclisent en dérivés tétrahydrofuranniques ([4])



$$CH_2{=}CH{-}(CH_2)_3OH \rightarrow CH_3{-}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2 \text{ (cycle par } O)$$

et l'aptitude des triples liaisons à fixer une molécule d'alcool, en présence d'alcoolates métalliques nous ont fait considérer comme possible une cyclisation du pentyne-4-ol-1.

Effectivement, celle-ci se produit par distillation lente de l'alcool sur un peu d'amidure de sodium. Déjà au bout de deux distillations, on constate que près de 40 % du pentynol ont été cyclisés en un mélange de méthényl-2 tétrahydrofuranne et de méthyl-2-dihydro-4.5-furanne (isomère stable du précédent)



$$HC{\equiv}C{-}(CH_2)_3OH \rightarrow CH_2{=}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2 \text{ (cycle par } O) \rightarrow CH_3{-}C{=}CH{-}CH_2{-}CH_2 \text{ (cycle par } O)$$

Ce mélange, qui distille de 82 à 100°, est hydrolysé quantitativement en acétopropanol, par simple agitation à la température ordinaire avec de l'acide sulfurique N/10.

([4]) R. Paul et H. Normant, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 11, 1944, p. 365.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la basicité de quelques amines aromatiques : additivité des effets de plusieurs substituants; influence du radical phényle.* Note de MM. **Fernand Kieffer** et **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

La mesure des pK_H de quelques amines bisubstituées confirme approximativement (à ± 0,15 unité près) la règle d'additivité des effets des substituants. Les basicités des trois aminobiphényles indiquent une influence faible ou nulle de la mésomérie entre les deux noyaux, et une prépondérance des effets électrostatiques dus à la substitution du radical phényle à un atome d'hydrogène de l'aniline.

On sait que, dans les acides aromatiques, l'influence totale de plusieurs substituants sur le cologarithme de la constante de dissociation (pK_H) est généralement à peu près égale à la somme des effets qu'exerceraient les différents substituants pris isolément. Pour les amines aromatiques, les données sont moins nombreuses : nous avons voulu, d'une part, vérifier dans quelques cas nouveaux la validité de cette règle d'additivité; d'autre part, préciser les idées admises sur le rôle de la mésomérie, en étudiant le cas des trois mono-aminobiphényles.

Dans ce but, nous avons déterminé, par titrage électrométrique à l'aide d'une électrode de verre, les constantes de dissociation de divers ions ammonium, à ± 0,05 unité de pK près. La plupart de ces amines étant très peu solubles dans l'eau, sauf indication contraire, les constantes, données dans le tableau suivant, sont le résultat d'une extrapolation des valeurs obtenues dans des solutions hydro-alcooliques de moins en moins riches en alcool. Alors que la courbe d'extrapolation est parfaitement régulière pour le *m*-aminobiphényle, celles des dérivés ortho et para présentent des irrégularités : comme l'ont déjà constaté N. F. Hall et M. R. Sprinkle [1], elles s'aplatissent pour de fortes teneurs en alcool. D'autre part, les valeurs pour 15-20 % d'alcool sont anormalement basses. Il en est de même, à un moindre degré, dans un certain nombre d'autres cas (amino-5 hydrindène, *o*-xylidines-3 et 4) où nous avons pu déterminer le pK_H directement en solution aqueuse. Ce fait est vraisemblablement dû à une irrégularité dans la perturbation des associations intermoléculaires. Quoi qu'il en soit, pour obtenir une extrapolation correcte, il est souvent préférable de partir des valeurs trouvées dans des solvants de teneurs en alcool comprises entre 20 et 50 %.

Les résultats concordent généralement avec ceux du calcul par additivité, à 0,15 unité près où même mieux.

---

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 3469-3485.

Amines étudiées.	Concentrations.	Températures.	pK_H trouvés.	pK_H calculés (*).
Amino-4 diméthyl-1.2 benzène	M/100	17°	5,33 (**)	5,30
Amino-3 diméthyl-1.2 benzène	M/100	17	4,75 (**)	4,60
Dibromo-3.5 aniline	M/200	16	(2,6)	2,55
Dibromo-2.4 aniline	M/200	15	(2,3)	2,05
Dibromo-3.5 paraphénylènediamine	M/200	15	(4,0) (***)	4,0
Nitro-2 amino-4 toluène	M/200	17	3,05 (**)	3,2
Amino-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène	M/100	17	5,20	(5,30)
Amino-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène :				
bromé A	M/200	16,5	3,05	3,2
bromé B	M/200	17	3,05	3,2
o-aminobiphényle	M/250	18	3,85	–
m-aminobiphényle	M/200	17	4,28	–
p-aminobiphényle	M/200	18	4,38	–

(*) Valeurs calculées par additivité, à partir des pK_H de l'aniline et de ses dérivés monosubstitués; (**) mesure directe en solution aqueuse; (***) une seule mesure dans l'alcool à 30 %.

Dans le cas des deux dibromanilines étudiées, nous avons trouvé des valeurs difficiles à extrapoler, car la faible basicité et le manque de solubilité de ces corps dans l'alcool dilué obligent à faire des corrections importantes qui risquent d'aggraver l'erreur expérimentale. Nos résultats approximatifs d'extrapolation indiquent cependant que, par rapport à l'aniline, la diminution de basicité observée est de l'ordre de grandeur prévu.

Nous avons appliqué la règle d'additivité à la détermination de la position du brome dans deux amines monobromées obtenues à partir de l'acétylamino-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène : A, F 52°,5; B, F 53°; Mélange A + B, F 42 — 45°. Les pK_H que nous trouvons pour ces corps correspondent à l'effet du brome en ortho par rapport à la fonction amine, en 5 ou en 7 respectivement. Pour l'amine bromée en 8, l'additivité ferait prévoir un pK_H nettement plus élevé : 4,1.

Les pK_H des amino-2 et -4 biphényles avaient déjà été déterminés par Hall et Sprinkle (1) qui donnent, à 25°, respectivement 3,78 et 4,27. Compte tenu du coefficient de température (environ —0,013 par degré), nos valeurs concordent bien avec les leurs, mais l'interprétation en est difficile, car il n'est pas certain que l'encombrement stérique soit sans action dans le cas du dérivé ortho. Cette difficulté n'intervient pas lors de la comparaison des dérivés méta et para. D'après les indices de valence libre calculés (2) pour le carbure non substitué (0,138 en ortho et en para, 0,105 en méta), on pouvait s'attendre à ce que la mésomérie entre les deux noyaux diminue surtout la basicité en para. Nous avons cependant constaté que c'est le dérivé méta qui est

(2) A. Pullman, *Annales de Chimie*, 2, 1947, p. 5.

le moins basique des deux. Pour les trois isomères, les différences observées par rapport à l'aniline suggèrent l'idée d'une prépondérance des effets électrostatiques, résultant du remplacement d'un hydrogène par un noyau phényle dont le caractère acidifiant est dû à la forte électronégativité du carbone aromatique. En effet, l'influence de ce noyau est presque la même que dans la série des phénylalcoylamines et décroît régulièrement en fonction de la distance : CH_3NH_2 : $pK_H = 10,64$; $C_6H_5(CH_2)_nNH_2$: $pK_H = 9,83$ si $n = 2$; $10,20$ si $n = 3$; $10,40$ si $n = 4$; d'après Hall et Sprinkle (1). Lorsque les deux noyaux du biphényle sont dans un même plan, l'effet énergétique de la mésomérie entre ces cycles n'atteint que 8^{kcal}; il n'est donc pas exclu que, dans les solutions étudiées, cette mésomérie soit diminuée ou même supprimée par suite d'une non-coplanéité de la molécule. S'il n'en est pas ainsi, nos résultats montrent que les variations d'indice de valence libre ont peu d'influence sur la basicité des dérivés aminés.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *La détermination des structures cristallines à partir du diagramme de Patterson.* Note (*) de MM. **José Clastre** et **Robert Gay** présentée par M. Charles Mauguin.

Les auteurs présentent une nouvelle méthode pour déterminer les structures cristallines sans connaître les phases des facteurs de structure.

L'intégrale de Patterson

$$P(u, v) = \frac{1}{ab}\int_{x=0}^{b}\int_{y=0}^{a} f(x, y)\, f(x+u, y+v)\, dx\, dy$$

permet de définir une fonction $P'(u, v)$, que nous appellerons *fonction de distribution* des pics de Patterson. On peut construire cette fonction à partir de la *fonction de distribution* $f'(x, y)$ des atomes du cristal (atomes et pics sont considérés comme ponctuels), en superposant à elle-même après translations, la fonction de distribution atomique, autant de fois qu'il y a d'atomes dans la maille, en faisant coïncider chaque fois un atome différent avec un point fixe qui sera l'origine Ω de l'espace de Patterson.

Le problème inverse : déterminer la fonction de distribution atomique connaissant la fonction de distribution des pics de Patterson, peut être résolu de la façon suivante : on superpose à elle-même la fonction de distribution $P'(u, v)$ un certain nombre de fois, en lui faisant subir chaque fois une translation, de façon à faire coïncider avec un même point fixe un pic différent de $P'(u, v)$. On observe à chaque superposition, un certain nombre de coïnci-

(*) Séance du 15 mai 1950.

dences. On élimine les pics qui ne participent pas à ces coïncidences. Si les pics superposés au point fixe sont convenablement choisis, les éliminations n'affectent que les pics étrangers à la structure. Au bout d'un certain nombre de superpositions, la structure apparaît seule. Si l'élément de symétrie le plus élevé de la structure est pair (centre de symétrie, axe binaire, miroir, plan de glissement, axe quaternaire), nous avons reconnu qu'il *suffit de superposer une fois la fonction de distribution de Patterson à elle-même, en faisant coïncider deux pics correspondant à deux atomes en position générale, symétriques par rapport à un centre de la structure, pour déterminer entièrement la structure.* On choisit toujours l'origine de la fonction de Patterson comme premier pic; le choix du second pic est facilement déterminé d'après le groupe de symétrie de la structure.

Il faut deux superpositions pour faire apparaître une structure à axe ternaire.

M. J. Buerger (1) a présenté une méthode d'investigation systématique de la fonction de Patterson (Vector Sets) qui permet également de déterminer les positions des atomes en effectuant $(n-1)$ opérations géométriques sur la distribution de Patterson ($n =$ nombre d'atomes dans la maille). Nous aboutissons au même résultat après une seule translation (ou deux) *quel que soit le nombre d'atomes dans la maille.*

Ces méthodes montrent que *la détermination des phases* des facteurs de structure $F(hkl)$ n'est pas nécessaire pour atteindre la fonction $f(x, y)$ définissant la densité électronique.

Ceci s'explique si l'on considère que $f(x, y)$ est une fonction qui n'est jamais négative. A cette fonction doit correspondre une certaine combinaison des signes des termes $F(hkl)$ et une seule, et le changement de signe de l'un des termes suffit à créer des régions négatives, impossibles dans une structure cristalline.

Nous obtenons photographiquement au Laboratoire des projections ou des sections de la fonction de Patterson, par diffraction optique du réseau polaire (2). Le cliché est superposé à lui-même photographiquement après translations convenables, et la structure apparaît seule, formée de pics intenses noyés dans un fond moutonné, légèrement lumineux. Ceci provient du fait que les atomes ne sont pas ponctuels.

---

(1) *Vector Sets, Acta Cryst.*, 3, 1950, p. 87-97.

(2) W. L. Bragg, *The X-Ray microscope, Nature* (Londres), 149, 1942, p. 470-471.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la détermination des structures cristallines au moyen de la transformée de Patterson.* Note (*) de M. **Jules Garrido**, présentée par M. Charles Mauguin.

Une structure cristalline comportant N atomes dans la maille peut être décrite par N — 1 vecteurs : $\vec{\rho}_1, \vec{\rho}_2, \vec{\rho}_3, \vec{\rho}_4, \ldots, \vec{\rho}_{N-1}$, qui vont de l'un des atomes aux N — 1 autres, plus les trois vecteurs $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ qui expriment le réseau.

La transformée de Patterson d'une telle structure comprend un ensemble de maxima (*pseudoatomes*) qui se répètent périodiquement par les opérations d'un réseau identique à celui du cristal. Les *pseudoatomes* existant dans une maille sont placés aux extrémités des $N^2 - N + 1$ vecteurs obtenus en faisant toutes les différences possibles entre les N — 1 vecteurs qui déterminent la structure :

0	$\vec{\rho}_1$	$\vec{\rho}_2$	$\vec{\rho}_3$	...	$\vec{\rho}_{N-1}$
$-\vec{\rho}_1$	0	$\vec{\rho}_2-\vec{\rho}_1$	$\vec{\rho}_3-\vec{\rho}_1$	...	$\vec{\rho}_{N-1}-\vec{\rho}_1$
$-\vec{\rho}_2$	$\vec{\rho}_1-\vec{\rho}_2$	0	$\vec{\rho}_3-\vec{\rho}_2$	...	$\vec{\rho}_{N-1}-\vec{\rho}_2$
....	......	.	......	...	....
$-\vec{\rho}_{N-1}$	$\vec{\rho}_1-\vec{\rho}_{N-1}$	$\vec{\rho}_2-\vec{\rho}_{N-1}$	$\vec{\rho}_3-\vec{\rho}_{N-1}$	...	0

Les vecteurs d'une même ligne (ou colonne) du tableau définissent complètement la structure à un changement d'origine (ou une inversion) près.

Supposons maintenant une transformée de Patterson d'un cristal à structure inconnue. Si l'on arrive à distinguer dans l'ensemble des vecteurs de la transformée ceux qui correspondent à une même colonne ou à une même ligne du tableau on aura suffisamment de données pour reconstruire la structure du cristal. Ceci peut être fait en tenant compte de la considération suivante :

Deux vecteurs de la transformée qui se trouvent sur une même colonne ou sur une même ligne horizontale du tableau donnent par différence un vecteur qui se trouve aussi sur le tableau, tandis que deux vecteurs qui ne sont pas placés sur une même ligne ou colonne donnent par différence un vecteur qui, *en général*, n'existe pas sur la transformée de Patterson.

Prenons donc dans la transformée de Patterson un vecteur quelconque correspondant à un pseudoatome différent de l'origine, et faisons les différences vectorielles avec tous les autres vecteurs de la transformée, tous les vecteurs qui donneront des vecteurs-différence, égaux à un autre des vecteurs de la transformée seront des vecteurs placés les uns sur une même colonne, les autres sur une même ligne du tableau que le vecteur qui a été choisi.

On obtient ainsi une *transformée réduite* qui possède seulement 2 N — 1 pseudoatomes.

(*) Séance du 15 mai 1950.

Faisons maintenant la même opération avec la *transformée réduite*, prenons sur celle-ci un vecteur quelconque différent de celui précédemment choisi et faisons de nouveau les différences vectorielles avec les autres 2 N — 2 vecteurs de la *transformée réduite*, les vecteurs de cette transformée qui donnent des vecteurs différence qui sont des vecteurs de la transformée de Patterson, seront des vecteurs de la même ligne ou colonne que celui qui a été choisi. On aura ainsi le moyen de distinguer dans l'ensemble des 2 N — 1 vecteurs de la transformée réduite, les N vecteurs qui correspondent à la même colonne, des autres N qui correspondent à la même ligne horizontale.

Dans le cas de deux dimensions (section plane de l'espace de Patterson ou projection sur un plan), on peut employer une méthode graphique. On dessine sur du papier transparent la position des pseudoatomes. Le dessin est placé sur un dessin identique décalé d'un vecteur $\vec{v}$ correspondant à un pseudoatome. Les pseudoatomes qui coïncident dans les deux dessins ainsi placés, sont les pseudoatomes de la *transformée réduite* définie par $\vec{v}$. On répète l'opération avec un dessin qui contient seulement les pseudoatomes de la transformée réduite et les nouvelles coïncidences avec des pseudoatomes de la transformée, donnent la position des atomes sur la projection plane de la structure.

Deux remarques s'imposent :

1° Quand il existe des atomes de natures différentes, les pseudoatomes de la transformée de Patterson ont des importances différentes. Il peut arriver que certains pseudoatomes soient difficilement décelables et que, par conséquent, on ne puisse pas arriver à déterminer tous les pseudoatomes de la transformée réduite. Étant donné que le nombre et la nature des différents atomes existant dans la maille peuvent être déterminés facilement, on discutera dans chaque cas particulier les sources d'erreurs possibles dues à cette circonstance. On peut aussi employer la méthode en utilisant seulement les pseudoatomes les plus importants qui correspondent à des vecteurs interatomiques entre les atomes les plus lourds de la structure; on détermine ainsi la position de ces atomes.

2° Il est possible, par suite de coïncidences fortuites entre les vecteurs de la transformée et leurs différences, de trouver plus de 2 N — 1 pseudoatomes pour la transformée réduite. Il faut tenir compte du fait que la transformée réduite peut être obtenue de $N^2 - N$ façons différentes et que les coïncidences fortuites ne seront pas toujours les mêmes. Il sera par conséquent utile d'obtenir la *transformée réduite* par plusieurs chemins différents et de comparer les structures trouvées.

Remarques de M. Charles Mauguin.
Sur les Notes de M. J. Garrido *et de* MM. Clastre *et* Gay.

L'analyse d'une structure cristalline comporte la détermination des vecteurs a_1, a_2, ..., a_n, qui vont d'un point pris pour origine aux n atomes de la

maille. Or ce ne sont pas ces vecteurs que fournit la diffraction des rayons X, mais leurs différences premières $a_\alpha - a_\beta (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, n)$ (Patterson). Il s'agit à partir de ces différences premières de remonter aux vecteurs eux-mêmes.

Ce problème a fait l'objet d'un Mémoire récent de Buerger (¹). C'est à lui aussi que sont consacrées, la Note de M. J. Garrido et celle de MM. Clastre et Gay.

Bien que ces deux auteurs n'apportent pas de résultats fondamentalement différents de ceux de Buerger, j'ai cru devoir présenter leurs Notes à l'Académie, parce qu'elles ne manquent pas d'une certaine originalité dans la façon d'envisager le problème, et aussi, pour attirer l'attention des cristallographes et mathématiciens sur une question dont l'étude est loin d'être épuisée. Les solutions proposées résultent de l'observation de coïncidences que j'appellerai normales, entre différences premières et différences secondes. Le problème peut être compliqué par des coïncidences fortuites dont l'étude reste à faire.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence, à travers la Limagne, d'une morphologie en rapport avec le rejeu tertiaire de plis d'âge Post-Dinantien et Anté-Stéphanien.* Note (*) de M. **Jean Dautry**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Dans une Note du 22 juin 1948 à la Société Géologique de France, nous signalions le rejeu Tertiaire certain de plis dirigés ENE-WSW dans la partie septentrionale du Massif Central français. Aujourd'hui, nous attirons l'attention, sur le plan purement morphologique, des différents aspects que nous avons cru pouvoir distinguer à travers la Limagne, et qui sont les suivants, en allant du Nord au Sud.

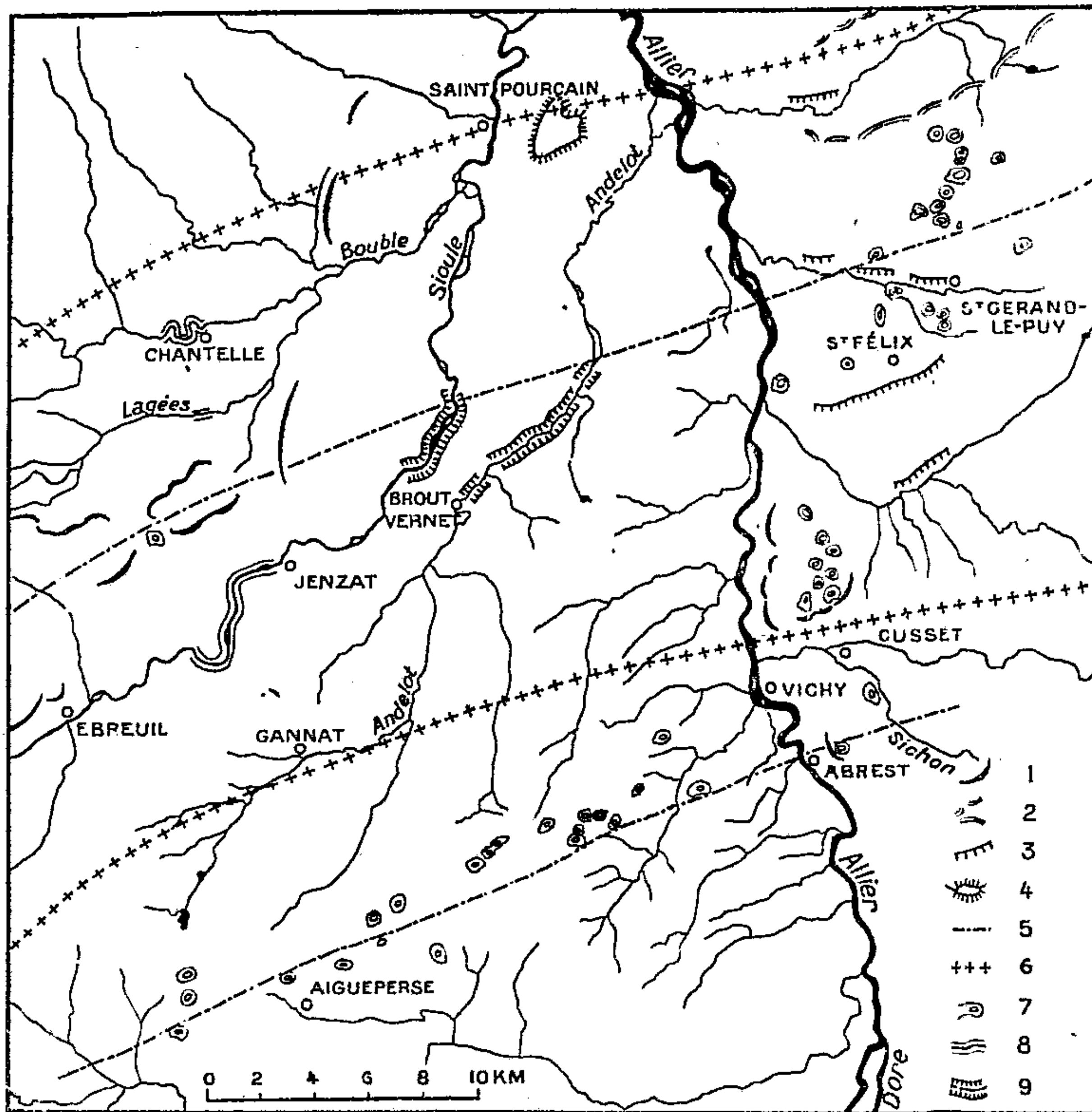
En premier lieu, sur la direction anticlinale WSW-ENE entre le massif de La Bosse (Nord-Ouest d'Ébreuil) et le granite de Chatelperron (Nord de Lapalisse), d'un relief tabulaire (309 à 314^m), élément de plateau provenant d'une surface d'aplanissement datant de la fin du Miocène et du début du Pliocène, se trouvant à l'Est immédiat de Saint-Pourçain-sur-Sioule. A sa suite, à l'Est de Varenne-sur-Allier, d'une boutonnière presque fermée à l'aval, dominée au Nord et au Sud par des talus monoclinaux, et provenant de l'évidement de cet anticlinal, après son aplanissement.

En second lieu, liées à la zone synclinale Menat-Ébreuil-Lapalisse, d'une série de *cuestas* ayant 440 à 420^m d'altitude, séparant le bassin Oligocène d'Ébreuil en deux parties, et formant, au Sud de Chantelle, une dépression périphérique subséquente de 3 à 7^{km} de largeur. Plus à l'Est, cette zone

(¹) *Acta Crystallographica*, 3, 1950, p. 87-97.

(*) Séance du 13 mars 1950.

synclinale se traduit par un épaississement des sables du Bourbonnais et même des alluvions anciennes (rejeux Pliocène probables) à travers lesquels les deux seuls cours d'eau ayant traversé cette zone, Sioule et Andelot, s'encaissent brusquement, cependant que la pente des profils longitudinaux s'atténue.



1, fronts de Cuestas; 2, zone anticlinale évidée en boutonnière; 3, talus monoclinaux; 4, relief résiduel sur anticlinal; 5, aire synclinale; 6, aire anticlinale; 7, buttes sur synclinaux; 8, épigénie (Sioule, Bouble, Lagées); 9, encaissement dans la zone synclinale. Échelle : 1/300 000. Largeur de la carte : 13cm.

Dans le massif ancien plus à l'Ouest, l'épigénie de la Sioule, entre Jenzat et Ébreuil, s'explique par ce fait aisément (zone en voie d'affaissement au cours du Tertiaire). Enfin, entre Aigueperse et Abrest-Le Vernet (Sud de Vichy), nous avons reconnu, alignées suivant une aire synclinale de même direction qui passe au Sud de la précédente, une série de buttes-témoins (440 à 380m) de reliefs anciens jadis sans doute continus, et qui forment aujourd'hui des collines de part et d'autre desquelles s'oriente :

au Nord : le réseau de l'Andelot et de la Sioule;

au Sud : le réseau allant à la Morges.

Nous avons donc affaire ici à une véritable inversion des reliefs, rattachant les plateaux calcaires à l'Ouest d'Aigueperse aux restes d'Oligocène effondrés du Vernet (430m). C'est également à l'intérieur de cette aire que sont conservés les cailloutis du Pliocène de Randan et de la forêt de Montpensier, correspondant à l'affaiblissement de pente actuel de l'Allier dans cette région.

Les altitudes à peu près similaires (380 à 440^{m}), la présence, au sommet des marnes du Stampien inférieur, de bancs de grès et de blocs recimentés contenant des morceaux de calcaires à Phryganes, permettent de concevoir la possibilité, dans cette partie de la Limagne, d'une surface d'aplanissement Mio-Pontienne, déformée sur les bords, et inclinée vers le Nord, avec buttes résiduelles en rapport, grâce aux rejeux Tertiaires du tréfond, avec une influence des directions Hercyniennes des plis ENE-WSW.

La reconnaissance de ces aspects permet de fixer la valeur d'une méthode d'investigation purement morphologique, qui vient indirectement confirmer et renforcer les données géologiques partout ailleurs reconnues.

GÉOPHYSIQUE. — *La formation des continents et des forces géodynamiques.* Note (*) de M. **Mathias Matschinski**, présentée par M. Charles Maurain.

Le refroidissement de la Terre entraîne la formation d'une écorce et cette formation provoque un échauffement faible, mais qui joue un rôle important. Les forces ainsi nées sont plus que suffisantes pour fractionner l'écorce en plusieurs morceaux (futurs continents). La propagation de la fissure formée dans la masse plastique de l'écorce peut être très lente et continuer non seulement dans la période initiale d'existence de l'écorce, mais aussi dans les périodes postérieures à l'origine de la vie.

1° Toute tentative pour formuler une théorie mécano-physique de l'orogénèse se heurte, sans compter nombre d'autres difficultés, au problème des forces orogénétiques (géodynamiques). La formation d'un plissement montagneux semble impossible sans qu'on fasse intervenir des forces horizontales de *compression*, dont l'apparition doit alors être également expliquée (faille, etc.).

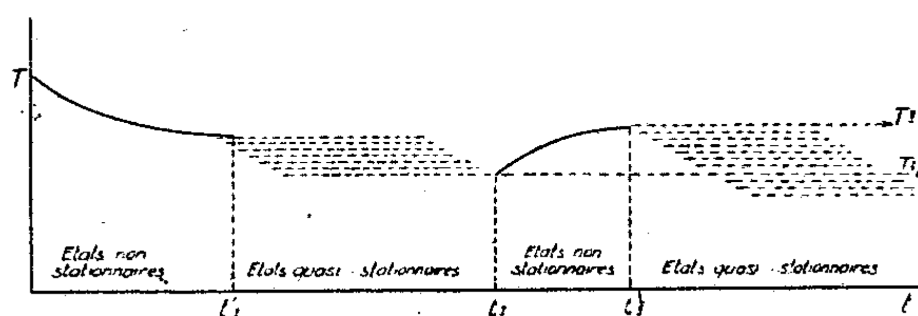
Différentes théories émises à ce sujet présentent des difficultés; je propose l'hypothèse suivante qui m'exempte de telles difficultés, l'hypothèse admettant des forces géodynamiques primaires d'*extension* et la formation des montagnes par le retour de l'écorce terreste à un état en moyenne sans tension (hypothèse d'un froncement des centinents).

2° Outre qu'elle explique facilement l'orogénèse, l'idée d'une *contraction* sans compression des continents fournit des indications sur les causes de la similarité des lignes côtières de différents continents (exemple classique : côtes correspondantes de l'Amérique du Sud et de l'Afrique), sans recourir à l'hypothèse controversée du flottage des continents. Les parties correspondantes de ces continents ayant jadis formé un tout, ainsi qu'il ressort de données géozoologiques, ne sont pas après la séparation *flottées*, mais se sont *contractées* (sans modifier ou presque la position de leur centre de gravité) autour de leurs parties centrales de la manière dont se contracte par exemple de l'écume déchirée du lait.

3° En raison de l'extrême lenteur du refroidissement de la Terre, il est

(*) Séance du 8 mai 1950.

possible et utile de représenter la majeure partie de l'histoire thermique de la Terre comme un processus quasi stationnaire (*régulier*), autrement dit comme une série d'états stationnaires successifs. Deux périodes seulement n'admettent pas une telle simplification, à savoir celles qui ont immédiatement suivi la formation de la Terre en tant qu'astre séparé et la formation de l'écorce solide. Dans la première période la répartition des températures était absolument fortuite et exigeait pour son établissement un certain temps, alors que dans la seconde (*voir* plus loin) la formation de l'écorce terrestre a de même brutalement troublé la répartition stationnaire des températures; il a également fallu un certain temps pour un retour à l'équilibre. Ainsi, l'état de température, en un certain point de la Terre, peut être schématiquement représenté par la figure ci-contre où t désigne le temps, T la température, t'_{I} et t_{II} les moments d'établissement d'un état stationnaire après la formation de la Terre



et de l'écorce, t_{I} le moment du commencement du réchauffement, $T_{t_{\text{I}}}$ et $T_{t_{\text{II}}}$ les températures correspondantes calculées d'après l'équation des processus non stationnaires (avec $\partial T/\partial t$), alors que T_{I} et T_{II} sont également calculées d'après l'équation sans $\partial T/\partial t$. Ainsi, l'exposé ci-dessus s'exprimera en langage mathématique par

$$T_{t_{\text{I}}} \cong T_{\text{I}}, \qquad T_{t_{\text{II}}} = T_{\text{II}}; \qquad \frac{\partial T_{\text{I}}}{\partial t} \cong \frac{\partial T_{\text{II}}}{\partial t} \cong 0.$$

Quant aux valeurs de T_{I} et T_{II}, il est extrêmement simple de les calculer d'après les équations (désignations usuelles) :

$$(1) \qquad k(rT_{\text{I}})''_{22} + rM = 0; \qquad k(rT_{\text{II}})''_{22} + rM = 0.$$

La grandeur M, cession de la chaleur par une unité de volume de la Terre, en général une fonction de t, peut être considérée dans les limites de $t_{\text{I}} < t < t_{\text{II}}$ comme constante. En conséquence, le courant est aussi constant

$$Q_{\text{I}} \cong Q_{\text{II}} \cong -k\frac{\partial T_{\text{I}}}{\partial r}\bigg|_{\text{R}} \cong -k\frac{\partial T_{\text{II}}}{\partial r}\bigg|_{\text{R}} \cong \frac{MR}{3},$$

pendant cette période de même que la température des couches atmosphériques adjacentes [pour simplifier, nous admettons que cette dernière est égale à $T_{\text{ex.I}} = T_{\text{ex.II}} = T_{\text{ex.}} = 0$; mais naturellement $T_{\text{ex.I}}$ n'est pas égale à $T_{\text{ec.I}}$ ni $T_{\text{ex.II}}$ à $T_{\text{ec.II}}$].

Ceci posé et à partir des conditions limitées on obtient

$$(2)\quad \frac{MR}{3}=k\frac{T_{ec.I}}{\Delta R},\quad T_I=T'+T'\frac{R^2-r^2}{2R\Delta R},\quad \frac{MR}{3}=k_{ec.}\frac{T_{ec\,II}}{\Delta R},\quad T_{II}=T'\frac{k}{k_{ec.}}+T'\frac{R^2-r^2}{2R\Delta R};$$

(R désignant le rayon des parties liquides ou liquides + solides de la Terre; ΔR l'épaisseur de l'écorce fraîchement formée).

4. Ensuite les volumes correspondants et l'augmentation de volume des parties liquides sont : $(V_{II}-V_I)/V_I \cong \beta T'(1-\beta T' R/5\Delta R)\, k/k_{ec.}$, étant donné que la conductibilité calorique de l'écorce ($k_{ec.}$) est faible par comparaison avec celle de la partie liquide (k).

De $\Delta R \cong 12^{km}$ on tire $R/5\Delta R \cong 100$, et étant donné $k/k_{ec.} \cong 60$ on a les forces d'extension dans l'enveloppe $F \cong (E/3)(V_{II}-V_I)/V_I \cong 160\,000\,(kg/cm^2)[(V_{II}-V_I)/V_I]$. Or, comme il est improbable que F puisse dépasser pour des pierres 100 — 50, on a $\beta T' > 0{,}00001$, condition d'une rupture de l'écorce terrestre. Même en admettant que le noyau liquide comprimé se comporte élastiquement comme un corps solide, on a (3) et, pour un liquide, à plus forte raison (4)

$$(3)\quad \beta \cong 0{,}00003,\qquad T' > 0{,}33^\circ,$$
$$(4)\quad \beta \simeq 0{,}0004,\qquad T' > 0{,}025^\circ\ (sic\,!),$$

T' est la différence des températures entre les surfaces inférieure et supérieure de l'écorce; elle est certainement supérieure à (3) et (4). On voit qu'une rupture est inévitable.

GÉOPHYSIQUE. — *Nouvelles recherches sur le spectre des aurores boréales.* Note de M. **Lars Vegard**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Au cours de recherches poursuivies pendant 35 ans nous avons observé, mes collaborateurs et moi, dans le spectre des aurores, de 8 200 à 3 000 Å, 170 radiations [1]. Quelques-unes des raies et bandes intenses ont été mesurées avec une précision suffisante pour leur identification. Mais, pour une analyse exacte des radiations faibles, il fallait un spectrographe plus lumineux et plus dispersif.

2. Celui qui a fourni les mesures actuelles a été construit sur mes indications par J. Cojan (deux prismes; ouverture de l'objectif de chambre : F/1,2). Sa dispersion va de 188 à 99 et à 40 Å/mm lorsque la longueur d'onde passe de 0,6 à 0,5 et à $0^{\mu},4$. Les radiations du tableau ci-joint ont été mesurées et identifiées sur un excellent spectre obtenu à Oslo dans la nuit du 23-24 février entre $19^h,25^m$ et $5^h,30^m$; on a photographié sur la même plaque (Eastman 103 *a* T) un spectre de l'argon et une échelle d'intensité. Le nombre et la netteté des raies et des bandes dépassent ce qu'on avait obtenu jusqu'ici.

(1) L. Vegard, *Géof. Publ.*, **10**, n° 4, 1933. Vegard et Tønsberg, *ibid.*, **13**, n° 5, 1941; **16**, n° 2, 1944; Vegard et Kvifte, *ibid.*, **16**, n° 7, 1945.

λ.	Attributions.
3884,1..	S N (1-1)
3914,0..	S N (0-0)
3995,0..	N II [3995,0]
3997,3..	S P 2 (1-4)
4026,0*.	N II [4026,0]
4037*...	N [4035]
4041,3..	N II [4041,3]
4043,4..	N II [4043,5], V K (5-15)
4046,6..	Hg [4046,6]
4058,1..	S P 2 (0-3)
4067*...	H_2 [4066,9]
4071,2..	O II [4072,2], V K (2-13)
4075,2..	O II [4075,9]
4079,4..	O II [4078,9]
4081,9..	H_2 [4082,4]
4099,8..	N I [4099,9]
4140,0..	S P 2 (3-7)
4157*...	O II [4156,5]
4170*...	O II [4169,2], V K (3-14), G (0-9)
4175*...	N II [4176,2]
4185,5..	O II [4185,5]
4189,7..	O II [4189,8]
4199,4..	N III [4200], S N (2-3)
4236,1..	N II [4236,9], S N (1-2)
4241,7..	N II [4241,8]
4277,4..	S N (0-1)
4294*...	O II [4294,8]
4305*...	N I [4305,5], O II [4303,8]
4317,8..	N I [4317,7], O II [4317,2]
4319*...	O II [4319,7], V K (1-13)
4343,2..	O II [4342,0] [4345,6]
4350,2..	O II [4349,4] [4351,3]
4358,3..	Hg [4358,3[, O II [4358,4]
4368,3..	O I [4368,3]
4379,1..	O II [4378,4] [4379,7], V K (5-16)
4405*	
4415,4..	O II [4414,9] [4417,0], S P 2 (3-8)
4423,2..	V K (2-14)

λ.	Attributions.
4427,6	
4432,8..	N II [4432,7], G (0-10)
4443,0..	O II [4443,0]
4466,6..	O II [4465,5], S N (6-8, 7-9, 8-10)
4474*...	H_2 [4474,2]
4488,2..	S N (5-7)
4498*...	H_2 [4498,1] [4498,5], Na I [4497,7]
4515,1..	N III [4514,9], S N (4-6)
4531,5..	N III [4530,8], V K (3-15)
4553,3..	S N (3-5)
4573,5..	S P 2 (1-6)
4591,0..	O II [4591,0]
4597,0..	O II [4596,2]
4600,7..	S N (2-4)
4608,5..	O II [4609,4]
4621,9..	N II [4621,4]
4631,0..	N II [4630,6]
4642,8..	N II [4643,1], O II [4638,9] [4641,8]
4651,0..	O II [4650,9], S N (1-3), V K (4-16)
4661,7..	O II [4661,7]
4677,8..	O II [4676,3]
4709,1..	S N (0-2)
4724*...	H_2 [4723], G (0-11)
4752*...	Na I [4751,8], O II [4751,3]
4770,4..	O I [4772,9], V K (5-17)
4802*...	O I [4803]
4836....	V K (2-15)
4860,7..	H_β [4861,3], O II [4861,0]
4882*...	S N (6-9)
4894,9..	N [4895,3], V K (6-18)
4914,5..	N I [4914,9]
4932,7..	N I [4935,0]
4967,0..	O I [4967,4] [4967,9]
5001,4..	N II [5001,1] [5001,5]
5003,7..	N II [5002,7] [5005,1]
5022*...	O I [5020,1]
5046*...	N II [5045,1]

λ.	Attributions.
5148*...	Na I [5148,8], S N (1-4)
5198,3..	N I [5197,7] [5200,8]
5226,7..	S N (0-3)
5233,8..	O_2^+ (2-0) (3-1)
5292*...	H_2 [5291,6], O_2^+ (2-0)
5328,9..	O I [5329,0] [5329,6], N I [5328,7]
5354*...	S P 1 (17-21)
5371*...	S P 1 (7-12)
5435,6..	O I [5435,2] [5435,8]
5460,9..	Hg [5460,7]
5474,7..	S P 1 (4-9) (14-18)
5520*...	H_2 [5518,5]
5534*...	N II [5535,4] [5530,3]
5553*...	N II [5552,0], O I [5554,9]
5577,9..	O I [5577,3]
5603,0..	O_2^+ (1-0)
5613,9..	O_2^+ (1-0)
5622,7..	O_2^+ (1-0)
5629,2..	O_2^+ (1-0)
5666,9..	N II [5666,6]
5679,9..	N II [5679,1]
5710,6..	N II [5710,7]
5730,5..	N II [5730,5]
5753,0..	S P 1 (8-12) (16-19)
5771*...	Hg [5769,6], N II [5767]
5801*...	S P 1 (7-11)
5830,3..	N I [5829,5]
5852,2..	S P 1 (6-10)
5865,6..	S P 1 (14-17)
5892,3..	Na I [5890,0] [5895,9]
5932,6..	N II [5931,8]
5957,9..	O I [5958,5], S P 1 (4-8)
5974,4..	H_2 [5975,4], O_2^+ (0-0)
6008,0..	N I [6008,5]
6043,5..	O I [6046,3]
6064,0	
6113*...	S P 1 (10-13)
6299,8..	O I [6300,3]
6363*...	O I [6363,8]

S N, premier système négatif de N_2.

S P 1 et S P 2, systèmes positifs de N_2.

V K, bandes de Vegard et Kaplan de N_2.

G, bandes de Goldstein de N_2.

Les raies du mercure proviennent de la diffusion des lumières d'Oslo.

Les raies marquées d'un astérisque, très faibles, ont été mesurées sur enregistrement au microphotomètre de Moll.

3. Des 114 radiations du tableau, 54 n'avaient pas encore été observées. En raison des grandes variations du spectre des aurores on ne peut espérer avoir dans ce seul spectre toutes les radiations de l'intervalle 3900-6100 Å. 44 radiations précédemment observées n'y apparaissent pas. Les résultats suivants sont à souligner :

1° On avait déjà observé les bandes de N_2^+, les 1er et 2e systèmes positifs de N_2, le système de Vegard-Kaplan. Dans le nouveau spectre apparaissent en outre des raies qui semblent provenir du système de Goldstein (molécule N_2) et des têtes de bandes provenant de O_2^+. *Pour la première fois est démontrée la présence de l'oxygène moléculaire dans la luminescence des aurores.*

2° La raie H_β est diffuse; son maximum est déplacé vers les courtes ondes, montrant que *les atomes d'hydrogène se dirigent vers le bas à grande vitesse.*

3° La raie 5198,3 intense et étroite s'identifie avec le doublet 5197,7-5200,8 de N I.

4° Nous avons identifié un groupe de raies de N II en 5001,4-5003,7.

5° D'accord avec nos résultats antérieurs *un grand nombre de raies sont émises par les atomes d'azote et d'oxygène neutres et ionisés.*

Les raies de O II sont celles qu'on observe aussi dans les rayons-canaux de l'oxygène. Il en est de même des raies de O I exception faite des raies interdites verte et rouges.

Dans les bandes 3914 et (en partie) 4278 de N_2^+ les raies de rotation de la branche R sont séparées, ce qui permet une détermination plus exacte de la température. Dans la bande 3914 la position du maximum d'intensité donne 219°,9 K et la distribution des intensités d'après la loi de Maxwell, 217°,9 K. Ces valeurs sont plus basses que la moyenne des mesures antérieures.

MÉTÉOROLOGIE. — *Orages, foudre et grêle dans la région de Tananarive.* Note de M. **Jean Émon**, présentée par M. Charles Maurain.

Étude statistique des orages, de la foudre et de la grêle dans la région de Tananarive. Interprétation des résultats.

La comparaison entre la répartition mensuelle des orages, de la foudre et de la grêle a été effectuée pour Tananarive et ses environs immédiats (districts de Tananarive-Ville et Tananarive-Banlieue); afin d'uniformiser la comparaison, il a été fait appel au nombre de jours d'observation de chacun de ces phénomènes pour la période de base 1933-1942.

A. *Orages et foudre.* — D'octobre à décembre, le rendement électrique des orages est supérieur, étant donné qu'à un pourcentage moindre en nombre de jours d'orage correspond un pourcentage supérieur en nombre de jours à coup de foudre; ainsi, pour novembre-décembre, l'on observe plus de la moitié du nombre de jours à coup de foudre, exactement 51,1 %, pour

guère plus du tiers du nombre de jours d'orage, exactement 35,9 %. C'est l'inverse de janvier à mai, mais il est permis de penser qu'il existe une légère recrudescence d'activité électrique en mars, d'après la variation mensuelle du quotient des pourcentages relatifs au nombre de jours à coup de foudre et au nombre de jours d'orage. Ce quotient est maximum en novembre (1,6 à 1,7) et nettement décroissant de novembre à février (0,5), puis présente un petit maximum relatif en mars (0,7 à 0,9).

Le maximum absolu de novembre s'explique par le caractère local des premiers orages de la saison et la moindre conductibilité de l'air encore sec et du sol desséché. La diminution de novembre à février est à rapprocher de l'humidification croissante de l'air et du sol, de l'extension du régime de mousson équatoriale (aux orages moins électriques) et de la fréquence croissante de l'activité cyclonique sur l'Océan Indien Sud-Ouest. Ces deux derniers facteurs jouent bien en sens inverse à partir de mars, mais la reprise d'activité électrique qui en résulte est très limitée, en raison de la défaillance du facteur principal *sécheresse de l'air et du sol.*

B. *Foudre et grêle.* — Pour la période de base 1933-1942, 2,6 % des coups de foudre ont été signalés avec grêle concomitante, 9,7 % ont été accompagnés de grêle dans le jour même et, pour 87,7 % d'entre eux, aucune grêle proche n'a été mentionnée.

Comme analogie ou divergence par rapport aux orages ou à la foudre, il est à souligner :

a. Observation de la grêle possible durant tous les mois de l'année, ce qui qui est également le cas des orages, mais non celui de la foudre.

b. Croissance très rapide au début de la saison chaude, puis décroissance plus lente jusqu'en février et maximum relatif en mars ou plutôt avril. Cette allure de variation rappelle celle de la foudre, mais avec une irrégularité supérieure.

c. Maximum très net en octobre ou novembre au lieu de décembre pour les orages et la foudre.

d. Octobre et novembre assurent à eux seuls environ la moitié des cas alors que, pour la foudre, c'est l'ensemble novembre-décembre qui joue un rôle analogue. Pour les orages, un trimestre est nécessaire pour l'observation de la moitié des cas.

e. Contraste entre le maximum absolu de novembre ou décembre et le minimum relatif de février ou mars bien plus marqué pour la grêle que pour la foudre.

f. Maximum relatif de mars ou avril beaucoup plus net pour la grêle que pour la foudre.

Si l'on compare avec les statistiques de A. Baldit pour la Haute-Loire (1912-1914 et 1919-1930), il est aisé de se rendre compte que la répartition mensuelle de ces phénomènes y est beaucoup plus régulière, paraissant direc-

tement commandée par la variation de la température au sol ou dans les couches basses. Mais il n'en est de même à Madagascar que pour les orages, la grêle étant affectée par des anomalies dans la variation de la température à haute altitude et la foudre par la sécheresse de l'atmosphère au début de la saison chaude.

MYCOLOGIE. — *Absence de boucles et comportement nucléaire dans le mycélium de divers Homobasidiés.* Note de M. **Robert Kuhner**, présentée par M. Joseph Magrou.

Etude de la répartition des noyaux mycéliens chez de nombreux Homobasidiés (surtout Agarics) en culture pure. Les articles terminaux sont bi- ou tri-nucléés chez diverses espèces à boucles nulles ou éparses; ils sont multinucléés chez plusieurs espèces à boucles inconstantes.

Les cultures utilisées proviennent pour la plupart d'isolements réalisés par l'Auteur, en partie à Lyon, en partie à la station de Haute-Savoie du Muséum National *La Jaysinia* (Fondation Cognacq-Jay). Leur origine a été généralement un fragment de feuillet, rarement une sporée. Il est commode de répartir les espèces étudiées en trois catégories :

1. *Boucles très nombreuses dans les parties aériennes du mycélium secondaire.* — Étant donnée l'origine de nos cultures, nous ne nous étonnons pas d'y trouver assez souvent, au moins au début, des productions primaires. Parmi les hyphes bouclées développées à partir de fragments de feuillets, nous avons observé des oïdies droites (*Tephrophana inolens* Fr., *Lepiota irrorata* Q., *Agrocybe firma* (Peck) Kühner, *Fulvidula spectabilis* Fr., *Flammula lutaria* Maire. Chlamydospores [chez ces deux derniers], arquées chez *Galera sideroïdes, Hebeloma truncatum* ss. Lange, *Hypholoma epixanthum* ss. Ricken. Il est probable que dans divers cas ces oïdies sont nées sur des hyphes primaires issues des spores, mais pour *H. epixanthum,* nous avons vu les oïdiophores naître également sur les hyphes bouclées; il y a retour au primaire par les oïdies, celles-ci étant uninucléées. *H. truncatum,* à oïdies uninucléées, paraît se comporter de même. Chez plusieurs espèces possédant un mycélium à boucles nombreuses nous avons observé des hyphes sans boucles dans les conditions suivantes : *a.* Cultures en Hagem liquide (*Poria vulgaris* Fr., *Tephrohana tesquorum* ss. Lange); *b.* Cultures sur carotte, au niveau du mycélium flottant (*Lyophyllum immundum* Berk., *Lepiota acutesquamosa* Scop., *Hebeloma sinapizans* Paul., *Drosophila silvestris* Gillet, *Coprinus pliagioporus* Romagn., *Plicatilis* Curt.); *c.* Bien au-dessus de l'eau, dans des cultures sur carotte, apparition brusque après plusieurs mois (au printemps), autour du mycélium à anses (*Rhodocybe striatula* Kühner). Transporté sur un milieu convenable le mycélium sans boucles peut reproduire un mycélium à boucles (Ex. : *D. silvestris*

repiqué sur Hagem gélosé à la mousse). Le repiquage sous collodion peut amener presque aussitôt la réapparition des anses (*C. plicatilis*), mais souvent la production d'articles sans boucles continue, au moins pendant un certain temps, ce qui permet de constater que les articles terminaux sont uninucléés comme les autres (*P. vulgaris, R. striatula, L. acutesquamosa, D. silvestris*) ou cénocytiques (*H. sinapizans, C. ephemerus* ss. Locq.). *Panellus serotinus* (Schrad.) Kühner, amylosporé, produit un mycélium aérien tout bouclé, mais s'étend sur gélose ou sous collodion par hyphes rayonnantes, à cloisons rares, non bouclées, multinucléées. Chlamydospores aussi à noyaux nombreux (2-12); quand leur tube germinatif pousse lentement, les boucles y apparaissent très tôt; nous n'en avons pas vu sur les tubes à croissance rapide; pourtant, sur 7 chlamydospores de ce dernier type, deux seulement ont donné un mycélium qui n'a jamais produit d'anses.

2. *Boucles présentes sur le mycélium aérien, mais à certaines cloisons seulement.* Toutes les espèces étudiées présentent un nombre de noyaux (n) réduit par article et constant dans une file, article terminal (a. t.) compris : 2 n (*Rhodophyllus sericeus* Bull. var. *nolaneiformis*); 2-3 n (*R. ameides* Berk., *cetratus* ss. Ricken, bisporique, *mammosus* ss. Ricken, *Clitocybe obbata* Fr., *amanita muscaria* L., *Coprinus disseminatus* Pers.); a. t. à 4-8 n se divisant simultanément (*C. saccharinus* Romagn.).

3. *Espèces dépourvues de boucles* ([1]). — A. Noyaux en nombre variable dans les divers articles d'une même file, souvent élevé dans l'article terminal.

1° Des chlamydospores (*Coprinus radians* Desm., chl. à 3-16 n, *Polyporus sulfureus* Bull., chl. submergées à 2-13 n, les aériennes à 1-4 n; autres articles à 5-22 n; même les poils des pores sont multinucléés.

2° Pas de chlamydospores (*Poria ambigua* Bres., *reticulata* Pers.; *Ungulina annosa* Fr., *Pluteus nanus* Pers., *Coprinus Boudieri* Q., *Bolbitius vitellinus* Pers., *Galera clavata* Vel.). A. t. contenant jusqu'à 125 n (*P. ambigua*) jusqu'à 70 n (*P. reticulata*), 6-13 n. (*P. nanus*), 3-9 n (*G. clavata*); articles suivants à novaux en nombre assez élevé : (*P. reticulata*, 8-18) ou faible (*C. Boudieri*, 2).

B. Noyaux en nombre réduit et constant dans une file d'articles : 2 à 5 n (*Coprinus Patouillardi* Q., forme bisporique); 2 n (*Oxyporus connatus* Fr., *Boletus aurantiacus* Bull., *Pleurotus pubescens* ss. Schroet., *Cantharellus albidus* Fr., *Omphalia chrysophylla* Fr., *Melanoleuca grammopodia* Bull., *Rhodopaxillus mundulus* Lasch, *truncatus* Schaeff., *Rhodophyllus junceus* ss. Lange, *Lepiota macrorhiza* Locq., *Tulostoma mammosum* Fr.); 1 n (*O. chrysophylla* montre côte à côte des files à 1 n et des files à 2 n *Armillaria mellea* Wahl. donne, sur

---

([1]) Les oïdies en chaîne manquent très généralement chez les espèces totalement privées de boucles, même sur mycéliums d'origine monosperme.

mousse au Hagem liquide, de longs rhizomorphes submergés; leurs articles internes renferment des noyaux en nombre variable; leur surface est couverte de poils à articles uninucléés).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des produits du métabolisme d'un champignon sur la multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac et du virus X de la Pomme de terre chez le Tabac.* Note (*) de M. **Yves Gendron**, présentée par M. Joseph Magrou.

Mise en évidence, dans une culture de *Rhacodiella castaneæ* d'une substance capable de ralentir *in vivo* la multiplication de deux virus phytopathogènes. Cette substance n'a pas d'action *in vitro* sur le virus : elle intervient en diminuant la sensibilité de l'hôte.

De nombreux travaux ont montré l'action neutralisante que les produits du métabolisme de certains microorganismes exerçaient *in vitro* sur des virus phytopathogènes. La diminution du pouvoir infectieux, mesuré à l'aide d'une plante hypersensible, était la conséquence du mélange préalable d'une solution virulente et du liquide de culture de diverses Bactéries et Champignons. Tous les auteurs étaient d'accord pour constater que ces substances agissaient sur le virus et non sur l'hôte. W. C. Price et B. M. Gupta ([1]) ont, les premiers, montré que le filtrat de culture de *Trichothecium roseum* contient une substance capable de diminuer dans la proportion de 97 % le nombre des lésions extériorisées par le *Nicotiana glutinosa* et le Haricot *Early Golden Cluster* après inoculation par le virus de la Mosaïque du Tabac. L'effet indiqué était obtenu en appliquant la substance sur les feuilles, soit avant l'inoculation, soit quelque temps après (jusqu'à 30 minutes). Il s'agit d'une action sur la sensibilité de la plante car le nombre de lésions fournies par un Tabac hypersensible de Holmes n'était pratiquement pas diminué sous l'effet du même traitement.

Nous avons pu montrer grâce aux essais relatés dans cette Note, qu'une souche de *Rhacodiella castaneæ* Peyr. (forme conidienne du *Sclerotinia pseudotuberosa* Rehm ([2]) était capable de sécréter une substance ayant la faculté de ralentir la multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac et du virus X de la Pomme de terre chez le Tabac. Les essais ont été réalisés avec des cultures de trois à cinq semaines sur un bouillon à base de Pomme de terre. L'activité du liquide de culture a pu être éprouvée sur une souche du virus de la Mosaïque du Tabac (Mosaïque ordinaire) et deux souches du virus X, l'une isolée de Pommes de terre de la variété *Arran Banner*, provoquant de graves nécroses sur le Tabac, l'autre issue de la variété *Bintje* est peu virulente pour le Tabac. 126 Tabacs var. *Samsun*, 20 Tabacs var. *White Burley*

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) *Phytop*, 40, 1950, p. 23 (abstr.).

([2]) Retenue parmi 61 espèces ou souches de microorganismes douées de propriétés antagonistes, provenant de la collection de MM. H. Darpoux et A. Faivre-Amiot.

et 77 Tomates var. *Maréchal Joffre* ont été utilisés. Les liquides de culture étaient pulvérisés 2 à 5 fois sur les plantes dans les jours qui précédaient et suivaient immédiatement l'inoculation, les témoins étant pulvérisés ou non avec un bouillon de Pomme de terre neuf. Les plantes étaient inoculées sur deux feuilles opposées avec un jus de Tabac infecté dilué au 1/500 (donnant environ 11 lésions par centimètre carré sur des feuilles de Datura) dans le cas de la Mosaïque du Tabac et au 1/50 dans le cas du virus X de la Pomme de terre. Les plantes, coupées au niveau du collet et pesées, étaient broyées par groupes de cinq dans un appareil à hélice tournant à 12000 t/min. en présence d'une quantité mesurée d'eau. Les quantités de virus étaient estimées sérologiquement, chiffrées en unités sérologiques ([3]) par gramme de poids frais et transformées en pour-cents des témoins.

Un des essais réalisé avec 45 Tabacs var. *Samsun* est schématisé dans le tableau ci-après : deux pulvérisations ont été effectuées à un jour d'intervalle avec une culture de 5 semaines. Les dosages sérologiques ont été effectués 14 jours après l'inoculation.

	Inoculés avec les virus		
	X Arran Banner.	X Bintje.	Mosaïque du Tabac
1/2 heure avant	73 u. s.	112 u. s. (*)	34 u. s.
1 heure après la 1re pulvérisation	46 »	63 »	17 »
Témoins non pulvérisés ([4])	100 »	100 »	100 »

(*) Les 12 % en trop donnent l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales.

Le fait que, dans d'autres essais la Tomate, et surtout le Tabac var. *White Burley*, se soient révélés respectivement moins sensibles ou même résistants à cette action, semble montrer que la substance agit sur l'hôte et non sur le virus. Elle doit intervenir dans la mesure où elle est capable de traverser l'épiderme des feuilles. Un essai *in vitro* a confirmé ce point de vue. Une préparation de virus de la Mosaïque du Tabac, partiellement purifiée par chauffage du jus de la plante mère pendant 10 minutes à 67° et centrifugation, a été mélangée, volume à volume, au milieu de culture de l'essai ci-dessus, au milieu neuf témoin, et à de l'eau du robinet, puis laissée trois heures à l'étuve à 20°. Pour éliminer toute substance capable d'avoir une action sur la plante hypersensible, le virus était relargué deux fois au sulfate d'ammonium, puis repris par l'eau et inoculé à des moitiés de feuilles de Datura. Les nombres de lésions locales obtenues ont montré que le virus n'avait pas été inactivé.

En résumé, les résultats préliminaires obtenus avec le *Rhacodiella castaneæ* mettent en évidence une inhibition temporaire, mais certaine de la multiplication des deux virus.

([3]) P. Limasset, P. Cornuet et Y. Gendron, *Ann. Inst. Past.*, 78, 1950, p. 135.

([4]) Dans d'autres essais les témoins pulvérisés avec un bouillon neuf ou avec un bouillon de culture de microorganisme inactif se sont comportés de la même façon que les témoins non pulvérisés.

PÉDOLOGIE. — *Importance de quelques anions dans les phénomènes dus aux fermentations dans les sols.* Note de M. **René Bétrémieux**, présentée par M. Raoul Combes.

La nature de l'anion du sel ammoniacal fournissant l'azote à la fermentation du glucose dans une colonne de terre règle de façon très importante la migration des éléments réductibles, fer et manganèse.

Nous avons décrit antérieurement ([1]), ([2]) les effets produits par la fermentation d'une solution de glucose dans une colonne de terre. Celle-ci prenait rapidement une teinte bleu verdâtre caractéristique des horizons de gley par suite de la réduction des oxydes de fer libres dont une partie importante passait dans le percolat sous forme complexe.

Dans ces essais, de l'azote était fourni avec l'élément énergétique sous forme de sulfate d'ammonium, et l'on pouvait observer souvent l'apparition, bien après celle du gley, de taches noires de sulfures de fer, généralement localisées au bas de la colonne et favorisées par une accentuation des conditions réductrices du milieu.

Ce résultat a attiré notre attention sur le rôle que pouvait jouer l'ion SO_4 et nous a amené à comparer l'action de quelques sels ammoniacaux : sulfate, chlorure, nitrate, phosphate correspondant à la même quantité de N. En outre, un essai ne recevait que du glucose. On constate que seul le sulfate permet la formation rapide d'un gley intense. Avec le chlorure la réduction est encore évidente, mais beaucoup moins importante, plus lente et simplement équivalente à ce que donne le glucose seul. Le phosphate laisse apparaître très tardivement quelques taches verdâtres et avec le nitrate il ne se produit aucune modification après un mois.

Les quantités de fer solubilisé pendant le premier mois sont données dans le tableau ci-après. Elles reflètent bien l'intensité des phénomènes de réduction. Celle-ci est d'ailleurs étroitement liée à l'activité de la fermentation que l'on peut suivre facilement par l'évolution du pH des percolats. Celui-ci passe rapidement de la neutralité à 5 environ dans le cas de l'essai avec sulfate tandis qu'il reste neutre avec le nitrate.

L'ion SO_4 marquant une supériorité aussi nette, nous avons cherché une nouvelle preuve de son activité en ajoutant à chaque essai pendant un deuxième mois, sous forme de sulfate de potassium, une quantité d'ions SO_4 correspondant au 1/5 de celle fournie dans l'essai avec $SO_4(NH_4)_2$. Très rapidement le gley s'est accentué ou est apparu dans tous les tubes tandis que le pH descen-

---

([1]) S. Hénin et R. Bétrémieux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1393-1395.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1749-1751.

dait à 5 dans les délais habituels pour $SO_4(NH_4)_2$; parallèlement, le percolat s'enrichissait en fer, mais les teneurs se classaient encore dans le même sens qu'au premier mois.

Fer et manganèse solubilisés (exprimés en Fe_2O_3 et MnO).

	Glucose seul		Glucose + sel NH_4: Cl^-.		NO_3^-.		PO_4H^{--}.		SO_4^{--} (A).	
	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.
Premier mois (mg)......	8,8	4,9	7,2	8,0	0,5	tr	4,4	3,3	91	8,7
Premier mois (% de A)...	9,7	56	7,9	92	0,5	–	4,8	38	100	100
Deuxième mois (mg) (après addition de SO_4K_2)......	77	2	60	0,4	(*a*)	(*a*)	34	1,8	61	0,3
Total (% du total de A).....	56	67	44	93	–	–	25	57	100	100

(*a*). Tube devenu complètement imperméable et ne fonctionnant plus, mais le peu de percolat obtenu contient cependant du fer.

Par conséquent l'ion SO_4 favorise nettement la fermentation et par suite la réduction des oxydes de fer. Il favorise également la migration du fer en solution tandis que les autres anions sont peu favorables à la fermentation et freinent la migration, PO_4 plus que Cl. Contrairement aux précédents qui ne font que ralentir la fermentation du glucose et la production du gley, l'ion NO_3 les entrave totalement. Par ailleurs, nous avons constaté que, si l'addition d'une petite quantité de sulfate permettait de rendre une certaine activité à l'essai avec NO_3NH_4 il n'en était pas de même pour un essai avec $(NO_3)_2Ca$.

Comme le fer, le manganèse passe en solution. Les résultats du tableau montrent que sa solubilisation est beaucoup moins gênée par l'absence de SO_4 et la présence d'autres anions que celle du fer et, si NO_3 est encore peu favorable, Cl n'est pas très inférieur à SO_4.

De quelle façon intervient SO_4 dans ces phénomènes ? Par la formation intermédiaire de sulfures ou par action sur l'activité microbienne ? Cette dernière hypothèse semble la plus vraisemblable, car l'apparition accidentelle, localisée et toujours tardive, de la sulfuration n'est pas en rapport avec l'intensité du déplacement du fer.

Les différences d'activité des anions mises en évidence par ces essais peuvent avoir leur importance dans le milieu naturel en déterminant l'intensité de la migration de certains cations. La nature des anions présents dans le milieu est donc susceptible de modifier l'évolution pédologique des types de sol et, comme les cations solubilisés sont aussi des oligo-éléments, le rythme de l'alimentation des végétaux.

ÉCOLOGIE. — *Sur la persistance prolongée de semences dormantes dans le sol de la pelouse herbeuse à* Brachypodium pinnatum *du Nord de la France*. Note (*) de MM. **Lucien Guyot** et **Michel Massenot**, présentée par M. Roger Heim.

Les semences de nombreuses espèces annuelles, bisannuelles ou pérennes à vie courte persistent longtemps, vivantes mais inertes, dans le sol de la pelouse herbeuse à *Brachypodium pinnatum* (faciès du *Xéro-Brometum erecti*) du Nord de la France.

L'absence ou l'extrême rareté des thérophytes au sein de certains groupements végétaux a été reconnue en diverses circonstances. P. Allorge (1921)([1]) a remarqué que la pelouse calcaire à *Festuca duriuscula* et *Sesleria cœrulea* du Vexin français n'héberge que quatre annuelles : une hémiparasite (*Euphrasia officinalis*) et trois mycorhiziennes (*Chlora perfoliata*, *Gentiana germanica*, *Linum catharticum*). L'un de nous a noté, en 1942 ([2]), que, sur les affleurements calcaires de Picardie, les annuelles des jachères et des friches ne se rencontrent plus que rarement, et de façon très disséminée, dans la pelouse stabilisée à *Brachypodium pinnatum* qui représente le stade ultime du peuplement herbacé des terres incultes; elles n'y trouvent refuge qu'à la faveur de conditions locales très spéciales (sol récemment remué, revêtement de terre végétale trop peu épais, affleurement de craie en surface). Selon R. Molinier (1934) ([3]), la faible densité de la végétation, dans les associations à *Rosmarinus officinalis-Lithospermum fruticosum* et *Erica multiflora-Helianthemum lavandulæfolium* de la Provence, rend particulièrement surprenante l'absence presque générale des thérophytes, dont un très petit nombre n'a été observé que tout à fait exceptionnellement.

Les causes de cette carence en thérophytes ont été discutées par divers auteurs. R. Molinier (1934) (*loc. cit.*) a indiqué que les recherches faites sur le sol et les observations conduites sur le terrain ne permettent pas, dans le cas du *Rosmarino-Ericion* provençal, de retenir l'hypothèse selon laquelle les propriétés physiques du sol seraient défavorables à l'égard des annuelles, au point d'expliquer leur absence dans cette association; le manque de lumière, de place ou de porte-graines, l'exposition, l'altitude ou la pente, la composition chimique du sol ne sauraient être invoqués. De même, G. Deleuil (1950) ([4]) n'admet pas la concurrence vitale ou la trop grande compacité du sol, pour l'interprétation du même phénomène.

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) *Revue générale de Botanique*, 33, 1921, p. 796.

([2]) *Ann. École Nat. Agric. Grignon*, 3e série, 3, 1942, p. 72.

([3]) *Ann. Musée Hist. Nat. Marseille*, 27, Mém. I, 1934, p. 152.

([4]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1362.

Selon R. Molinier (1934) (*loc. cit.*), il semble qu'il faille attendre l'explication cherchée de l'étude des propriétés microbiologiques et biochimiques du sol; cet auteur admet comme possible l'intervention des microorganismes et cryptogames du sol, ou l'empoisonnement de celui-ci par les sécrétions radiculaires de certaines espèces. G. Deleuil (1950) (*loc. cit.*) a montré récemment que l'absence de thérophytes dans les associations du *Rosmarino-Ericion* méditerranéen est due à des substances toxiques contenues dans le sol; les plantules meurent intoxiquées par le fer.

Quelle que soit la nature des facteurs qui sont à l'origine de l'absence constatée des thérophytes, il importe, avant tout, d'apporter la preuve que cette absence n'est point due au manque de semences dans le sol. Selon G. Deleuil (1950) (*loc. cit.*), il est difficile d'admettre que le *Rosmarino-Ericion* sans thérophytes, très souvent limitrophe d'autres associations très riches en annuelles (exemple : *Brachypodietum ramosi*), ne soit pas ensemencé en thérophytes; de nombreuses plantules observées au moment des premières pluies prouvent l'ensemencement, mais elles sont ensuite impitoyablement éliminées. Dans le cas de la pelouse à *Brachypodium pinnatum* du Nord de la France et du Bassin Parisien, nos observations nous ont montré que les semences de nombreuses espèces annuelles, bisannuelles ou pérennes à vie courte persistent dans le sol de longues années durant, vivantes mais inertes et ne germant pas.

Des prélèvements de terre, effectués en 1945 au niveau de pelouses herbeuses à recouvrement continu et dense de *Brachypodium pinnatum* (âgées de 40 à 50 ans au moins), ou bien au niveau de taches étendues de *Brachypodium pinnatum* parsemant des friches vieilles de 15 à 20 ans au moins, ont été disposés, pour la première fois en 1946 et à nouveau au cours de chacune des années suivantes, dans des conditions propices à la germination des semences qu'ils pouvaient contenir; parmi les nombreuses plantules ainsi obtenues et identifiées, ont été reconnues 57 espèces ne participant pas à la structure floristique normale de la pelouse herbeuse. Quinze d'entre elles se laissent remarquer à la fois par leur fréquence et leur abondance; quelques-unes donnent lieu parfois à un coefficient de présence particulièrement élevé, évalué en nombre de graines germantes pour 1^{m^2} de surface et 10^{cm} de profondeur et atteignant environ : 6000 pour *Hypericum perforatum*, 1500 pour *Anagallis arvensis*, 1400 pour *Reseda lutea*, 1300 pour *Potentilla reptans*, 600 pour *Alchemilla arvensis*, *Linaria spuria* et *Picris hieracioides*, 500 pour *Stellaria media*, 400 pour *Sinapis arvensis*, 300 pour *Valerianella* sp., 250 pour *Ranunculus repens*.

Ces espèces, qui persistent en place par leurs semences incluses dans le sol et y demeurant inertes, sont des reliquats des stades antérieurs du peuplement (jachère, puis friche). L'aptitude de ces semences à la germination semble pouvoir se maintenir pendant une longue série d'années, mais leur germination progressive en épuise assez rapidement le stock à partir du moment où la terre

est extraite du milieu et placée dans des conditions propices à l'évolution des jeunes plantules; certaines de nos observations montrent bien ce déclin progressif, d'année en année, du stock de graines présent dans le sol et évalué comme ci-dessus :

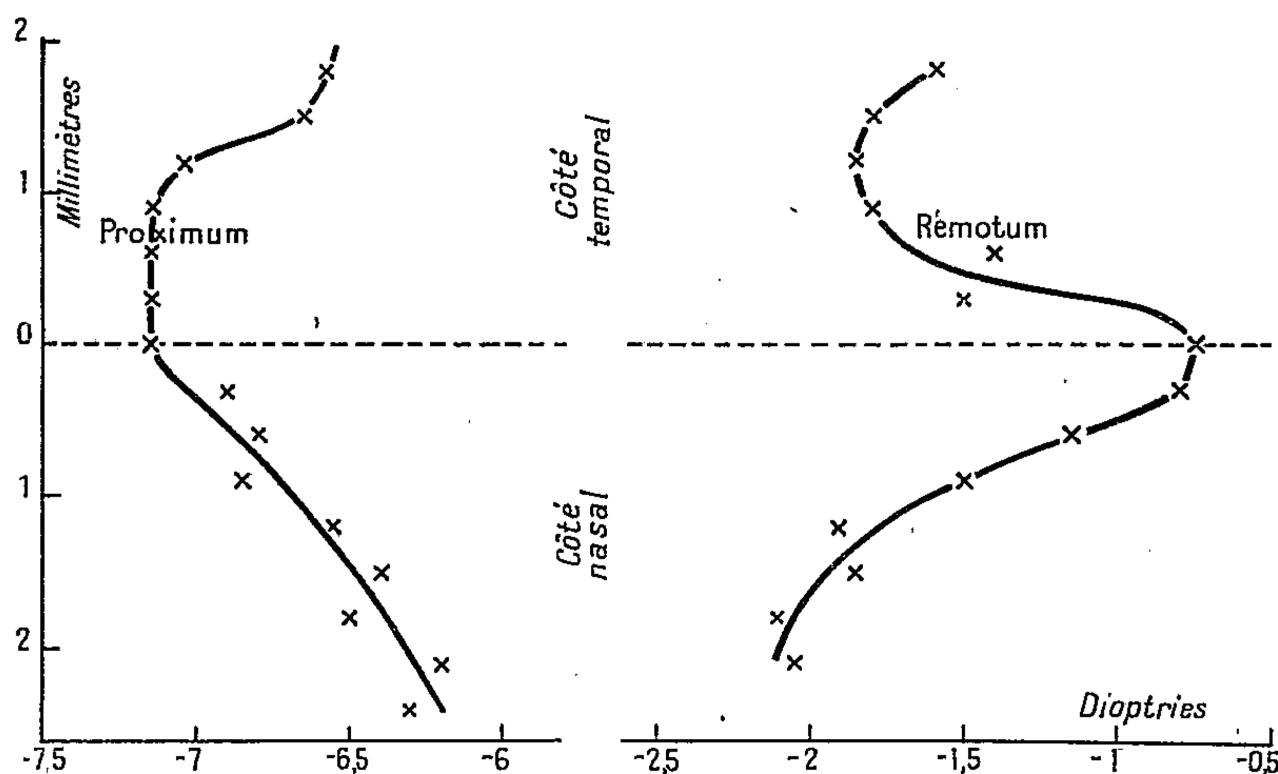
a. Pour *Hypericum perforatum* : 4 200, 1 100, 500 dans un premier essai, 3 500, 1 500, 800 dans un second essai, 2 000, 600, 500 dans un troisième essai;

b. Pour *Anagallis arvensis* : 900, 250, 175, 125 dans un essai.

De toute façon, la persistance prolongée de semences de thérophytes demeurant inertes dans le sol au sein de certains groupements végétaux, pose un problème intéressant de biologie végétale, que seule une expérimentation patiente et méthodique permettra de résoudre.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet des variations de l'amplitude d'accommodation de l'œil suivant la région utilisée de la pupille*. Note (*) de M. **Alexandre Ivanoff**, transmise par M. Jean Becquerel.

L'amplitude d'accommodation décroît au fur et à mesure que la région utilisée de la pupille est plus éloignée de l'axe. Ce fait est en accord avec les mesures de l'aberration sphérique de l'œil, effectuées antérieurement par l'auteur.



Nous avons décrit dans une Note antérieure ([1]) un optomètre de Badal en lumière dirigée, permettant de déterminer les *punctum remotum* et *proximum* d'un œil, seule une petite région de la pupille étant utilisée (celle où se forme l'image S′ de la source ponctuelle S). La figure traduit les résultats obtenus

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 134-136.

sur un œil ([2]); en abscisses les proximités du *remotum* et du *proximum* (en dioptries), en ordonnées la distance à l'axe de la région utilisée de la pupille (en millimètres). Chaque point est la moyenne de 20 mesures.

On voit que l'amplitude d'accommodation, égale à 6,4 dioptries sur l'axe, n'est plus que de l'ordre de 5,2 dioptries à $1^{mm},5$ de l'axe.

Ce phénomène s'interprète par l'aberration sphérique de l'œil, étudiée par l'auteur en 1946 ([3]). L'œil désaccommodé est sous-corrigé, d'où augmentation de la myopie au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe, tandis que l'œil accommodé est sur-corrigé, d'où recul du *proximum* lorsqu'on s'éloigne de l'axe. En somme les courbes représentées sur la figure ne sont autres que celles de l'aberration sphérique de l'œil désaccommodé et de l'œil accommodé au maximum. Elles ont la même allure que celles déterminées antérieurement par l'auteur ([4]) sur d'autres yeux, par une méthode absolument différente. Cette dernière est d'ailleurs préférable en ce qui concerne la mesure de l'aberration sphérique, car l'optomètre de Badal nécessite un grand entraînement de la part de l'observateur, celui-ci devant toujours conserver le même critérium de netteté.

M. Koomen, R. Tousey et R. Scolnik ont récemment contesté l'existence d'une aberration sphérique au voisinage immédiat de l'axe de l'œil ([5]), établie par l'auteur en 1946. La figure ci-dessus indique une fois de plus l'existence d'une telle aberration (surtout pour l'œil désaccommodé), au moins chez certains sujets.

GÉNÉTIQUE. — *Sur une nouvelle technique de croisement des levures.* Note de M. **Shih-Yi Chen**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Cette Note décrit une nouvelle technique d'hybridation des levures consistant essentiellement dans le croisement, deux à deux, des cellules isolées de deux clones haploïdes de *signes* opposés.

Deux techniques ont été préconisées par les auteurs pour le croisement des levures hétérothalliques : *a.* le croisement spore à spore (Winge et Laustsen, 1938) ([1]); *b.* le croisement en masse de deux clones monosporiques haploïdes (Lindegren, 1943) ([2]).

Winge et Laustsen réalisent le croisement des ascopores, deux à deux, dans

([2]) Le test était une mire de Foucault, et avait une luminance de l'ordre de 50 bougies/m². Les mesures étaient faites en lumière bleue.

([3]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1027-1029.

([4]) *Revue d'Optique*, 26, 1947, p. 164-166.

([5]) *J. Opt. Soc. Amer.*, 39, 1949, p. 370-376.

([1]) *C. R. Lab. Carlsberg*, 22, 1938, p. 235.

([2]) *Proc. Nat. Ac. Sci.*, 29, 1943, p. 306.

la chambre humide de Winge, à l'aide d'un micromanipulateur. Ce procédé permet l'observation directe de la fusion des deux ascopores, ce qui donne une grande confiance dans la *légitimité* des croisements à l'origine des cellules diploïdes obtenues. Mais, les deux spores se trouvant consommées dans le processus de fusion, il est impossible de déterminer leurs caractéristiques. De plus, ne pouvant connaître d'avance les *signes* des spores, on les met en présence au hasard, et l'on diminue ainsi de 50 % les chances d'obtenir des fusions, quelles qu'elles soient par ailleurs.

Lindegren réalise le croisement en masse en mélangeant, dans 1^{cm^3} du milieu de culture liquide, quelques gouttes de chacune des deux cultures haploïdes de *signes* opposés. Les deux inconvénients majeurs de la technique de Winge se trouvent donc écartés. Mais l'absence de contrôle microscopique direct de la fusion dans la méthode telle qu'elle est pratiquée par Lindegren a souvent soulevé des objections. On peut, en effet, craindre que des cellules diploïdes, résultant de fusions *illégitimes* entre cellules d'un même clone, soient confondues avec les vrais hybrides.

Nous avons récemment mis au point une technique nouvelle qui consiste essentiellement à croiser, deux à deux, dans la chambre humide de Winge, des cellules isolées issues de deux clones de *signes* opposés, les caractéristiques de ces clones et, en particulier, leur *signe* ayant été déterminés au préalable.

Dans la pratique, notre technique est la suivante : en vue du croisement, les deux cultures haploïdes subissent au moins un repiquage en milieu liquide frais. Une goutte de chacune des deux cultures est placée sur la lamelle qui forme le toit de la chambre humide de Winge. Un certain nombre de gouttelettes de liquide de culture est déposé sur la même lamelle. La lamelle est posée sur la chambre de Winge. A l'aide du micromanipulateur de Fonbrune, on place au bord de chacune des goutelettes, l'une au contact de l'autre, deux cellules, dépourvues de bourgeons, retirées de chacune des deux cultures. Nous observons directement sous le microscope la fusion, qui se produit généralement, dans les souches que nous avons étudiées, au bout de 2 à 6 heures, ainsi que la formation à partir de la *figure de copulation* ainsi produite, des premières cellules de la diplophase. Celles-ci peuvent être soit immédiatement isolées, soit laissées dans la gouttelette où elles formeront, au bout de 24 heures, des petites cultures. Celles-ci sont alors prélevées à l'aide d'une pipette fine et déposées à la surface d'un milieu gélosé en tube à essais où elles restent jusqu'au moment où l'on désire entreprendre l'étude de la diplophase.

Pour donner un exemple concret de l'application de cette technique, nous citerons une expérience dans laquelle nous avons croisé des cellules de deux clones haploïdes obtenus à partir de la levure de Boulangerie américaine *Yeast Foam*. L'un de ces clones est marqué par le gène récessif *a* (incapacité d'effectuer la synthèse de l'adénine, pigment rouge), l'autre porte son allélomorphe normal *A*. 24 croisements ont été effectués. La fusion a été directement

observée dans neuf cas. Sept asques provenant de deux des clones diploïdes formés dans ces croisements ont été analysés. Six contenaient deux spores *a* et deux spores *A*. Le septième asque contenait trois *a* et un *A*. L'origine de cette anomalie n'est pas claire, mais elle n'introduit pas de doute quant à la *légitimité* du croisement.

On voit que la technique décrite combine les avantages des techniques de Winge et de Lindegren, tout en évitant leurs principaux inconvénients. Elle comporte, en outre, l'avantage supplémentaire de permettre l'isolement, au fur et à mesure de leur formation, des cellules diploïdes formées par les *figures de copulation*, ce qui présente, dans certains cas, un intérêt incontestable.

BIOLOGIE. — *Régénération et stolonisation épigame chez l'Annélide* Syllis prolifera *Krohn*. Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le stolon épigame de *Syllis prolifera*, formé dans les conditions naturelles, est toujours unique et comprend une vingtaine de segments sétigères, la souche une soixantaine. Avant la séparation du stolon se différencient par métamorphose, sur son premier segment, deux paires d'yeux et deux antennes (type *Chætosyllis*) et, sur le dernier segment de la souche, deux bourgeons représentant chacun une moitié latérale de queue, qui se réuniront après libération du stolon.

En sectionnant, en deux ou plusieurs fragments, des individus ne présentant encore aucun indice d'épigamie, j'ai constaté que *tous les tronçons issus de régions du corps postérieures à la trompe*, conservés dans de l'eau fréquemment renouvelée, à une température d'environ 18°, *se stolonisent régulièrement au bout de* 10 *à* 25 *jours*. L'ablation des 20 premiers sétigères avec la trompe détermine la stolonisation de la moitié postérieure du reste du corps.

La section d'individus déjà porteurs d'un stolon donne les mêmes résultats. Lorsqu'un fragment comprend le stolon et une portion postérieure de la souche, la stolonisation ne s'effectue dans cette portion qu'après le détachement du stolon.

Dans tous les tronçons, les transformations, qui progressent d'arrière en avant, s'annoncent par la réduction du tube digestif, dont les débris sont rejetés par l'anus, et par le gonflement des segments stolonisés. La différenciation de la tête et des bourgeons caudaux, la poussée des soies dorsales, le détachement du stolon s'effectuent dans la stolonisation provoquée exactement comme dans la stolonisation normale d'un individu complet.

La comparaison des fragments d'un même individu montre que plus l'origine du tronçon est postérieure, plus la transformation est rapide et plus le nombre

des segments stolonisés est grand relativement au nombre total de segments du tronçon.

Les tronçons qui subissent la stolonisation régénèrent à leurs deux extrémités. Mais la prolifération de segments régénérés à l'extrémité postérieure cesse totalement au moment où les yeux du stolon apparaissent. Les segments postérieurs régénérés prennent directement les caractères du stolon et peuvent acquérir des soies capillaires dorsales épigames. Quant à la régénération antérieure, elle est toujours limitée, comme on le sait (1), à l'édification du prostomium, sans la trompe, et du segment tentaculaire; mais elle n'est pas arrêtée par la stolonisation. Si l'on pratique une section dans un stolon dont les yeux viennent d'apparaître, il n'y a aucune régénération antérieure, mais la régénération postérieure peut produire un pygidium.

Ces faits révèlent l'action exercée sur la stolonisation épigame par la *privation de l'extrémité antérieure* du corps. Bien que cette *épigamie provoquée* semble toujours accompagnée de la maturation de produits sexuels, mes expériences ayant été faites à une époque (février à mai) où la reproduction sexuée de *Syllis prolifera* s'observe à Marseille dans des conditions naturelles, mes résultats paraissent devoir être rapprochés de ceux obtenus par Durchon (2), par section ou par ablation du prostomium chez les Nereis. La transformation épigame des *Syllis* s'effectuant même en présence d'un prostomium régénéré, l'influence inhibitrice de l'épigamie devrait être attribuée, dans ce cas, à d'autres parties du corps, non reproduites par la régénération antérieure.

Les sections influencent non seulement le déclenchement de la transformation épigame des *Syllis*, mais encore sa *localisation*. Ainsi, lorsqu'on sectionne à nouveau en deux fragments un tronçon dans lequel les transformations épigames sont déjà déclenchées par une première intervention (antérieure de 10 jours), le fragment postérieur se stolonise *en totalité* au bout d'une semaine : la tête stoloniale apparaît dans la partie antérieure du premier segment *intact* de ce fragment. La fraction de segment qui précède cette tête, lorsque la section passe au millieu d'un segment, fournit, selon la règle, les deux bourgeons caudaux correspondants; elle peut en outre régénérer ultérieurement une tête pour son propre compte, produisant ainsi à elle seule les deux extrémités du corps.

---

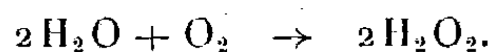
(1) *Cf.* Okada, *Arch. f. Entw.-Mech. der Org.*, **115**, 1929, p. 542.

(2) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 156, et **229**, 1949, p. 81.

RADIOBIOLOGIE. — *Action des anti-oxygènes sur la radioformation de l'eau oxygénée.* Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

La présence d'un anti-oxygène, tel que l'oxychlorure de carbone, exerce une action inhibitrice sur la formation de l'eau oxygénée par les rayons X.

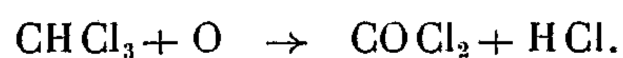
Quand l'eau pure est soumise à l'action des rayons X, le produit principal de l'irradiation est l'eau oxygénée. Cette formation est favorisée, comme on le sait [1], par la présence de l'oxygène dissous à l'état libre. Une même dose de rayons X, administrée à de l'eau : 1° privée d'oxygène; 2° saturée d'oxygène, fait apparaître, dans ce dernier cas, une quantité d'eau oxygénée plus de quinze fois supérieure à celle qui est formée dans l'eau dégazée. Cette intervention de l'oxygène est traduite par la relation globale



$$2H_2O + O_2 \rightarrow 2H_2O_2.$$

La présence d'un anti-oxygène modifie cette réaction. Parmi les corps expérimentés (oxychlorure de carbone, hydroquinone, acide ascorbique, cystéine, glutathion, tocophérol), l'oxychlorure de carbone entraîne un résultat remarquable et inhibe, proportionnellement à sa concentration, la radioformation de l'eau oxygénée.

La solution de phosgène est préparée en soumettant 20$^{cm^3}$ de chloroforme, disposés en couche mince dans une enceinte refroidie par de la glace et sous barbotage d'air, à l'action de rayons ultraviolets (Biosol Philips débitant 308 Finsen/min). Cette oxydation du chloroforme entraîne la formation de phosgène :



$$CHCl_3 + O \rightarrow COCl_2 + HCl.$$

Aussitôt après l'exposition aux rayons ultraviolets, le mélange du chloroforme en excès et de l'oxychlorure formé est agité avec 50$^{cm^3}$ de tampon de Clark et Lubs, à pH 2,2, dilué au demi. On décante la couche de chloroforme et l'on utilise aussitôt la solution de phosgène.

1. L'action inhibitrice dépend de la durée du traitement préalable du chloroforme, c'est-à-dire de la quantité de phosgène formée. Avec la technique précédente, le chloroforme est soumis à l'action des rayons ultraviolets pendant des durées variant de 0 à 60 minutes. 3$^{cm^3}$ des solutions aqueuses, chaque fois extraites dans le tampon dilué, reçoivent une dose uniforme de

(1) H. Fricke, E. J. Hart et H. P. Smith, *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 238; J. Loiseleur, R. Latarjet et Mlle Th. Caillot, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 730.

rayons X (50 000 r avec le rayonnement K_α du Mo). L'eau oxygénée est dosée par la méthode au sulfate de titane ([2]). Le tableau I montre que la quantité d'eau oxygénée diminue proportionnellement à la durée de l'exposition préalable du chloroforme aux rayons ultraviolets, c'est-à-dire à la teneur en phosgène de l'extrait aqueux correspondant :

TABLEAU I.

Action sur la radioformation de H_2O_2, *de la durée de l'exposition du* $HCCl_3$ *aux* U. V.

Durée de l'exposition initiale du $HCCl_3$ aux U. V. (min.)	0	15	30	45	40
H_2O_2 formée après administration de RX (500 000 r) à l'extrait aqueux du chloroforme (mg %)	12,5	9	7,7	7	5,3

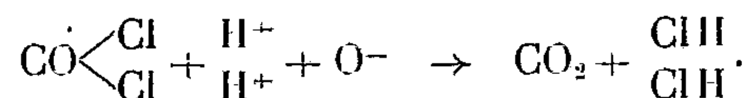
2. Réciproquement, l'expérience montre que l'action inhibitrice est proportionnelle à la concentration du phosgène. Le chloroforme est exposé pendant 1 heure aux U. V., ce qui entraîne, pour l'extrait aqueux final, une concentration d'environ 5^{g} ‰ en phosgène. 3^{cm^3} de solution renfermant la même quantité de tampon à pH 2,2, mais des concentrations croissantes en phosgène subissent une irradiation de 500 000 r. Le tableau II montre, comme précédemment, que la quantité d'eau oxygénée radioformée diminue proportionnellement à la concentration du $COCl_2$:

TABLEAU II.

Action de la concentration du $COCl_2$
sur la quantité de H_2O_2 *formée par irradiation* (500 000 *r*).

$COCl_2$ à 5 % dans tampon 2,2 au demi (cm³)	–	1	2	5	7
Tampon 2,2 au demi (cm³)	7	6	5	2	–
H_2O_2 formée par les R. X. (mg %)	9,5	7,7	7,1	6,3	3,3

Quant au mécanisme de cette action inhibitrice, elle semble résulter d'une réaction simultanée de l'oxychlorure, d'une part, avec les ions H^+ présents dans la solution et, d'autre part, avec l'oxygène activé par le rayonnement.



$$CO\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix} + \begin{matrix}H^+\\H^+\end{matrix} + O^- \rightarrow CO_2 + \begin{matrix}ClH\\ClH\end{matrix}.$$

Le phosgène intervient ainsi, par une sorte d'effet-tampon, en détournant l'oxygène activé au détriment de la formation d'eau oxygénée.

Ces expériences constituent ainsi une confirmation indirecte du rôle de l'oxygène dans la formation de l'eau oxygénée par les rayons X.

([2]) A cet effet, on prépare, pour chaque extrait de $COCl_2$, une série de gammes étalons contenant des quantités croissantes de H_2O_2. On opère chaque fois la réaction au SO_4Ti et l'ensemble des mesures photométriques forme une famille de courbes permettant le dosage exact de l'eau oxygénée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La photolyse fractionnée du pourpre rétinien.* Note (*) de Mlle **Paulette Berger** et M. **Jacob Segal**, transmise par M. Robert Courrier.

La photolyse fractionnée d'extraits de rétines de Poulet ne démontre pas, comme le pense Wald, l'existence de l'iodopsine. Il s'agit en réalité d'abord de la transformation du pourpre rétinien en orangé, puis de l'orangé en jaune visuel. La photolyse fractionnée de solutions de pourpre rétinien pur donne, en effet, des résultats en tous points comparables à ceux de Wald.

Parmi les différentes tentatives pour mettre en évidence, dans les rétines à cônes, une substance photosensible dont les caractéristiques correspondraient à celles de la vision diurne, c'est le travail de Wald (1) sur l'iodopsine qui a le plus retenu l'intérêt. Cet auteur a signalé l'existence, dans les rétines mixtes de Poulet, d'une substance présentant un maximum de sensibilité à $570^{m\mu}$; il n'a pas réussi à obtenir un extrait pur de cette substance, mais il croit l'avoir mise en évidence de la manière suivante.

Un extrait brut de rétines de Poulet est d'abord exposé à une lumière rouge de $650^{m\mu}$ qui entraîne une certaine perte de densité optique, surtout dans les grandes longueurs d'onde. Une exposition à la lumière blanche qui suit ce premier degré de photolyse entraîne une décoloration plus généralisée de la solution. Wald admet, à tort, que la lumière de $650^{m\mu}$ ne produit aucun effet sur le poupre rétinien, et considère que le premier stade de la photolyse correspond au blanchiment de la substance des cônes, dont l'absorption s'étendrait plus loin dans le rouge. Après épuisement de cette substance, appelée *iodopsine*, par la lumière rouge, l'exposition à la lumière blanche décomposerait le pourpre rétinien. La marge différentielle entre l'absorption de l'extrait brut et le produit de la première photolyse est donc considérée comme la courbe d'absorption du pigment sensible des cônes, la marge entre les absorptions après la première et la seconde photolyse comme celle du pourpre rétinien. En effet, le calcul mène à deux courbes ayant des maxima respectivement à 570 et $510^{m\mu}$, ce qui semble s'accorder avec cette thèse.

Mais un tel raisonnement ne serait admissible que si le produit photolytique de chacune des substances était incolore. Or, nous savons d'après les travaux de Lythgœ que le premier produit photolytique du pourpre rétinien est l'*orangé transitoire* ayant un maximum d'absorption dans le bleu. Ainsi, les maxima d'absorption déterminés par Wald ne peuvent pas correspondre aux véritables absorptions des substances en question.

Les faits signalés par Wald deviennent compréhensibles par la constatation

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *Nature*, Londres, **140**, 1937, p. 545.

que vient de faire l'un de nous [2] que l'orangé transitoire n'est pas seulement thermo-instable, comme le signale Lythgœ, mais aussi photosensible, bien qu'à un degré moindre que le pourpre rétinien. La lumière rouge décompose avant tout le pourpre rétinien en donnant un orangé transitoire, mais ne décompose que très peu de cette substance en *jaune indicateur*, stade ultime de la photolyse. La lumière blanche qu'on laisse agir ensuite décompose ce qui reste encore d'orangé transitoire. Il suffit, pour rendre compte des observations de Wald, de ne tenir compte que du pourpre rétinien et de ses produits photolytiques connus, sans introduire de substances hypothétiques.

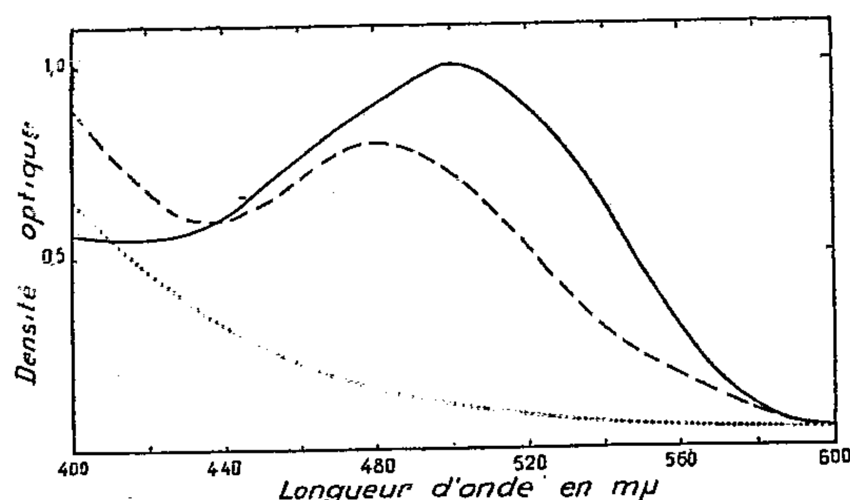


Fig. 1.

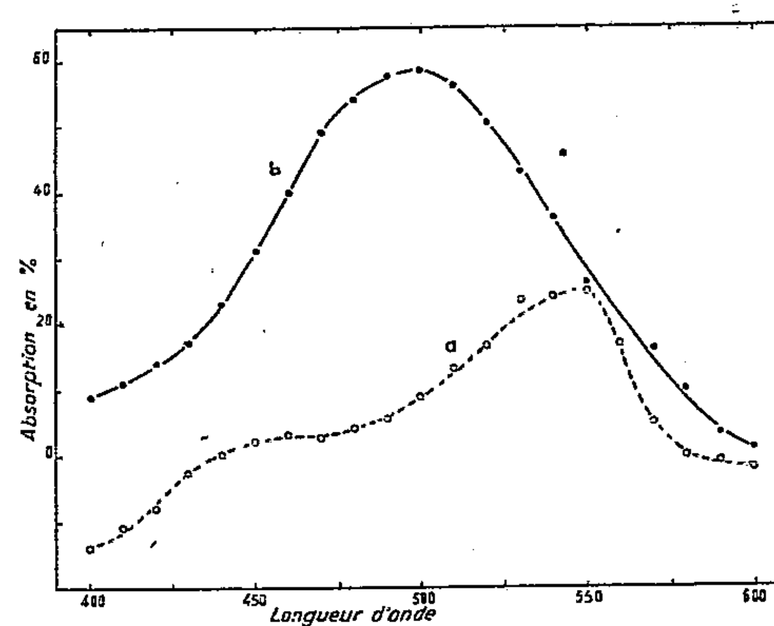


Fig. 2.

L'expérience démontre qu'on obtient des données très comparables avec celles de Wald en partant d'un extrait de rétines de Grenouille où les segments externes des cônes n'occupent qu'un volume insignifiant par rapport à celui des bâtonnets et où, par conséquent, le pourpre rétinien peut être considéré comme pratiquement pur. La figure 1 montre les résultats de la photolyse fractionnée du pourpre rétinien. Le trait plein indique l'absorption de la solution initiale. Le trait interrompu correspond à l'absorption de la substance après photolyse par la lumière rouge. Le maximum à $480^{m\mu}$ correspond à celui de l'orangé transitoire, mais la montée dans le violet extrême indique qu'une certaine quantité de cette substance a été convertie en jaune indicateur. Enfin, le trait pointillé indique l'absorption après photolyse de l'orangé transitoire à la lumière blanche; il correspond sensiblement à la courbe d'absorption du jaune indicateur au pH 7,0. L'ensemble correspond, à très peu de chose près, aux courbes publiées par Wald.

Si l'on voulait calculer, comme le fait Wald, les courbes des deux substances hypothétiques à partir des marges différentielles de la figure 1, on obtiendrait la figure 2 où *a* correspond à la différence entre pourpre rétinien et

---

(2) J. Segal, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 22 avril 1950.

orangé transitoire et b à la différence entre orangé transitoire et jaune indicateur. On obtiendrait des maxima situés respectivement à 550 et 500$^{m\mu}$ qu'on pourrait attribuer respectivement aux pigments des cônes et des bâtonnets, mais l'origine de ces courbes démontre nettement qu'elles ne sont que fictives, qu'elles ne représentent pas les caractéristiques de substances réelles et en partie inconnues, mais uniquement l'expression mathématique de la différence entre les absorptions de trois substances connues, correspondant aux trois stades photolytiques du pourpre rétinien, ce qui nous permet d'affirmer qu'il n'existe, à l'heure actuelle, aucune démonstration valable d'un pigment rétinien photosensible autre que le pourpre rétinien et ses dérivés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Une méthode pour la caractérisation des groupes carboxyliques terminaux dans les protéines. Application à l'insuline.* Note de MM. **Claude Fromageot**, **Marian Jutisz**, Mlle **Denise Meyer** et M. **Lucien Pénasse**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait l'intérêt de connaître, dans les peptides libres et dans les chaînes peptidiques constituant les protéines, les acides aminés terminaux dont les groupes carboxyliques sont libres. Ces acides aminés échappaient jusqu'ici à toute méthode chimique générale de détermination.

La méthode que nous décrivons ici consiste essentiellement à réduire en alcools primaires les groupes carboxyliques libres d'un peptide (préalablement estérifié ou non) ou d'une protéine (non estérifiée) par l'hydrure double de lithium et d'aluminium, puis à hydrolyser totalement le peptide ou la protéine ainsi traités. Cette hydrolyse libère, à côté des acides aminés, un ou plusieurs aminoalcools que l'on sépare par extraction à l'éther ou par chromatographie sur silice, puis que l'on caractérise par chromatographie sur papier.

Des essais sur des peptides connus nous ont montré qu'une telle réduction ne rompt pas la liaison peptidique et fournit, pour un peptide donné, d'une part un aminoalcool proprement dit, et un seul, qui correspond à l'acide aminé terminal du peptide, et d'autre part une substance résultant de la réduction non seulement du groupe carboxylique libre en alcool, mais aussi de celle de la liaison peptidique qui devient alors résistante à l'hydrolyse acide. De telles substances constituent des artefacts qu'il est généralement facile de reconnaître.

Voici, à titre d'exemple, une application de cette méthode à l'insuline : 200 à 300^{mg} d'insuline cristallisée, à 27 U. I./mg, finement broyée et soigneusement séchée sous vide, sont mis en suspension dans 50^{ml} de N-éthylmorpholine additionnée de 0,02 % de zéphyrol (chlorure de diméthyl-alkyl-benzyl-ammonium). Le tout est agité énergiquement (agitateur magnétique) pendant qu'on y introduit goutte à goutte une solution de 300^{mg} d'hydrure double de

lithium et d'aluminium dans 50^{ml} de N-éthylmorpholine. L'opération se fait à température ordinaire, sous azote sec; elle dure environ 4 heures. Au bout de ce temps on décompose l'hydrure subsistant par addition de quelques gouttes d'eau, puis on filtre sur filtre de Büchner. On élimine soigneusement la N-éthylmorpholine par lavages à l'éther du précipité, que constituent la protéine traitée et le résidu minéral provenant de l'hydrure métallique, puis on porte quantitativement ce précipité dans un ballon où la protéine est hydrolysée par 20 à 30^{ml} d'acide chlorhydrique 6 N pendant 24 heures. Lorsque l'hydrolyse est terminée, on élimine la majeure partie de l'acide chlorhydrique libre par concentration sous vide, puis on alcalinise la solution restante par addition de soude. Il se forme un précipité qu'on élimine par filtration. Le liquide, environ 20^{ml}, constitué par le filtrat auquel on a ajouté l'eau de lavage du précipité, est extrait à l'éther, en continu pendant 30 heures. La solution éthérée est évaporée; le résidu est repris par un peu d'éther sec, et cette nouvelle solution est évaporée à son tour. Elle laisse un résidu huileux qu'on reprend par quelques gouttes d'alcool éthylique.

Une partie de la solution alcoolique ainsi obtenue est placée sur un papier à chromatographie (Whatman n° 1), séchée, puis soumise à une chromatographie de partage. On utilise comme solvant, par exemple, un mélange, en volumes, de *n*-butanol-77 + acide acétique-5 + eau-18. La révélation se fait par la ninhydrine qui réagit parfaitement avec les amino-alcools. On observe alors l'apparition rapide de deux taches intenses, de $R_f = 0,19$ et $R_f = 0,28$, puis, parfois, la formation de taches plus faibles, de $R_f = 0,48$ et $R_f = 0,69$. On traite d'autre part de la même façon un hydrolysat d'insuline non réduite; la chromatographie de l'extrait éthéré ne montre alors l'existence d'aucune substance soluble dans l'éther et réagissant avec la ninhydrine.

La détermination de la nature des substances auxquelles sont dues les taches observées nécessite la connaissance du comportement, au cours de la chromatographie sur papier, de chacun des aminoalcools susceptibles d'être engendrés par les seize acides aminés de l'insuline. Nos investigations sur ce comportement nous permettent d'attribuer les deux taches les plus intenses à la colamine et à l'alaninol respectivement, les autres taches dont les R_f ne correspondent à aucun des seize aminoalcools en question étant probablement dues à des artefacts analogues à ceux signalés plus haut. Il convient de remarquer que les quantités d'aminoalcools finalement obtenues sont encore très faibles, ce qui est dû, pour une grande part, à l'imperfection des méthodes d'extraction que nous avons utilisées; nous améliorons actuellement ces méthodes. Quoi qu'il en soit, la détection de l'alanine confirme les résultats obtenus par Lens ([1]) avec une tout autre technique.

([1]) *Biochim. Biophys. Acta*, **3**, 1949, p. 367.

PHARMACOLOGIE. — *Action des anesthésiques locaux sur l'effet provoqué par le potassium sur le muscle sartorius de* Bufo vulgaris. Note de M. **Salvatore Guarino**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'ion potassium provoque sur le muscle sartorius isolé du Crapaud un ensemble complexe formé d'une lente contracture et de brèves contractions. Cette réponse se prête bien à l'étude des agents susceptibles de modifier l'action du potassium ; elle a en particulier permis de mettre en évidence un antagonisme très marqué vi-à-vis des anesthésiques locaux.

Au cours de recherches réalisées sur le mécanisme de l'action de substances curarisantes, nous avons été amené à considérer dans ses différents aspects, le problème de la plurarité des réactions pharmacodynamyques exercées par la même substance sur les divers types de muscles striés.

Sommerkamp (¹) déjà a montré que l'étude de l'action de l'acétylcholine permet de distinguer chez les poïkilothermes, d'une part les fibres à réponse tonique, et d'autre part les fibres à réponse tétanique, les unes et les autres étant susceptibles d'exister en proportions très différentes dans les différents muscles. Bethe (²) également a observé que le potassium ne provoquait pas le même type de contractions sur tous les muscles.

Nos propres observations ont en outre montré que l'ion potassium qui, sur le muscle rectus abdominis provoque une contracture simple, provoque sur le muscle sartorius une réponse plus complexe, dans laquelle à une lente contracture se superpose un grand nombre de brèves contractions.

Cette double action du potassium sur le muscle sartorius peut être mise à profit parallèlement à la réaction déjà connue du muscle droit abdominal (³) dans l'étude du comportement des substances vératriniques.

On a constaté que l'adrénaline par exemple augmentait presque uniquement l'amplitude et le rythme des contractions rapides du muscle sartorius, alors que le renforcement provoqué par la caféine porte avant tout sur la phase tonique.

Les résultats les plus remarquables concernent la désensibilisation par les anesthésiques locaux du muscle strié à l'effet du potassium. En fait, nous avons constaté que la cocaïne diminue déjà, à la dilution de 1/1 000 000, la contracture potassique du muscle sartorius isolé, et qu'elle la supprime à peu près complètement à 1/100 000. La cocaïne agit encore sur la réponse au potassium du muscle droit abdominal, mais, dans ce cas, l'anesthésique n'agit aux faibles concentrations (1/10 000) que sur la première partie de la courbe de contraction, et la contracture potassique n'apparaît réellement déprimée qu'à la concentration de 1/1000.

(¹) *Arch exp. Path. Pharm.*, 128, 1928, p. 99.

(²) *Biochem. Zeitschr.*, 156, 1925, p. 190.

(³) Z. M. Bacq, *Arch. inter. Pharmacod.*, 63, 1939, p. 59.

Parmi les autres anesthésiques locaux qui neutralisent l'effet du potassium sur le muscle sartorius, la percaïne diminue l'effet du chlorure de potassium à la concentration de 1 : 1 000 000; la novocaïne, la stovaïne, la tutocaïne, et la farmocaïne [4] présentent toutes à des degrés divers la même propriété; toutes suppriment entièrement l'action du potassium à la concentration de 1 : 100 000.

Les expériences ont été poursuivies sur le muscle isolé sartorius du Crapaud (*Bufo vulgaris*) qui, parce que plus résistant, se prête mieux que celui de la Grenouille aux expériences de ce type; la préparation est introduite dans un bain de Ringer aéré, et les contractions sont enregistrées au moyen d'un levier isotonique.

L'addition de 1^{cm^3} d'une solution de ClK à 10 % dans un bain de 100^{cm^3} provoque une première réponse du muscle, dont la durée s'étend sur quelques minutes seulement. Après le renouvellement du bain, le muscle répondra par une réaction presque égale à une seconde addition de ClK effectuée 30 minutes après la première; la réaction s'atténue considérablement lors d'une 3e adjonction, réalisée dans les mêmes conditions, d'une même dose de ClK; une dose plus élevée provoquera encore l'excitation du muscle, mais celle-ci n'est alors constituée que de la seule conctracture lente.

Dans la pratique, les muscles sartorius droit et gauche provenant du même animal fournissent des réponses parallèles, en sorte que l'un d'entre eux peut être utilisé comme témoin dans les essais de désensibilisation. Mettant à profit l'effet de l'adrénaline, on aura intérêt à utiliser systématiquement dans tous les essais de ce type un liquide de Ringer additionné d'adrénaline (1 : 100 000) avec lequel il devient possible de renouveler les contractions potassiques plus souvent et à un intervalle de 10 minutes seulement.

L'action des anesthésiques locaux sur la contraction potassique des muscles striés des batraciens prend un intérêt particulier si on la rapproche des nombreuses observations qui permettent d'attribuer aux ions K^+ un rôle essentiel dans le mécanisme de la conduction de l'influx dans la fibre nerveuse.

MICROBIOLOGIE. — *Activité anti-paludique* (Plasmodium berghei) *de l'auréomycine*. Note (*) de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. Gaston Ramon.

J. Schneider, Ph. Decourt et G. Montézin, dans deux Notes récentes [1], ont attiré l'attention sur l'utilisation du *Plasmodium berghei* (pathogène pour la Souris et le Rat) pour l'évaluation de l'activité curative des médications

---

(4) Chlorhydrate de *p*-butylaminobenzoyl-diéthylaminoéthanol.

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *Bull. Soc. Path. exot.*, 42, 1949, p. 449; *ibid.*, séance du 8 février 1950.

anti-paludiques. Il s'agit d'une nouvelle espèce plasmodiale, découverte au Congo belge par Vincke et Lipse et confiée aux auteurs par Garnham, de l'École de Médecine tropicale de Londres [*cf.* Van den Berghe (²)].

J. Schneider nous ayant, sur notre demande, transmis cette couche, nous avons entrepris des essais concernant les effets anti-paludiques de l'auréomycine chez la Souris contaminée. Par ailleurs, nous avons précisé des détails relatifs à l'histologie pathologique de l'infection et à l'évolution du processus en fonction du temps.

I. Évolution et histologie pathologique de l'infection. — Chez les souris contaminées par injection de sang parasité dans la cavité péritonéale (elles succombent en moyenne vers le 7ᵉ jour), les altérations microscopiques intéressent la rate et surtout le foie. Le tissu hépatique, d'aspect normal entre la 1ʳᵉ et la 4ᵉ heure, offre ultérieurement de minuscules foyers lymphocytaires et surtout, à partir de la 24ᵉ heure, une intense accumulation de grains pigmentaires inclus dans le cytoplasme des cellules de Kupfer et des gros macrophages, éléments qui s'accumulent progressivement dans les capillaires intra-lobulaires (surtout au voisinage des gros vaisseaux). Il nous semble que ce pigment provient des hématies parasitées (elles-mêmes pigmentées) que ces phagocytes englobent. De plus, on décèle des foyers de nécrose des cellules hépatiques et aussi une lipidose (³), souvent fortement accusée, de ces cellules. Aucun indice d'évolution intra-hépatique du parasite pouvant être rapproché de l'*Hepatocystes simiæ* [C. Levaditi et Schoen (⁴)]. Altérations analogues dans la rate.

II. Effets thérapeutiques de l'auréomycine. — 1. *Première expérience.* — *a. Souris témoins :* Mortalité le 7ᵉ jour (en moyenne); *b. Souris traitées :* 45ᵐᵍ en trois doses journalières de 15ᵐᵍ. Récidives tardives et *survie moyenne de* 24 jours. Une comparaison par rapport à d'autres antibiotiques montre qu'avec la *chloromycétine* (tifomycine : 60 et 120ᵐᵍ) *la survie est de* 15 *jours*, avec la *pénicilline* (150000 et 300000 U), de 12 *jours*, et enfin avec la *streptomycine* (15000 et 30000 U), de 7 jours et demi seulement.

2. *Seconde expérience.* — Six souris sont contaminées, par la même voie, puis traitées *per os* par 12 doses journalières de 15ᵐᵍ (au total 180ᵐᵍ). Aucune apparition d'hématozoaires dans la circulation sanguine pendant 60 jours. Deux de ces souris, sacrifiées le 15ᵉ jour, sont examinées du point de vue de la virulence du sang et des organes. Or, le cerveau, le foie, la rate, ainsi que les hématies circulantes, se sont révélés stériles.

(²) *IVᵉ Congrès des maladies tropicales et du paludisme*, Washington, 1948, Proc. 2, p. 1436 (cité d'après Schneider et collab.).

(³) Cette lipidose peut apparaître chez les animaux guéris par l'auréomycine, et cela en dehors de toute accumulation de pigment.

(⁴) *C. R. Soc. Biol.*, 109, 1932, p. 343, confirmés par Garnham (*H. Kochii*, *Vaspali* et *Epomorphori*).

Conclusions. — Il résulte de ces expériences que l'auréomycine, administrée per os *à la Souris à la dose totale de 45^mg, retarde l'infection et permet une survie moyenne de 24 jours (témoins morts en 7 jours). A la dose supérieure de 180^mg, elle provoque la disparition des hématozoaires sanguins pendant au moins 60 jours et aussi la stérilisation radicale du sang et des organes. Une évaluation de l'action anti-paludique a montré qu'avec un traitement par un total de 180 et de 60^mg, l'activité curative est parfaite, et, par contre, qu'avec les doses totales de 24 et 12^mg, on n'obtient qu'un retard de l'infection (récidives entre le 25e et le 28e jour).*

CONCLUSIONS GÉNÉRALES. — L'auréomycine agit curativement dans l'infection provoquée chez la Souris contaminée avec le *Plasmodium berghei*. Cette action thérapeutique se rapproche de celle déjà signalée par Coatney, Greenberg, Cooper et Trembley ([5]) (*P. gallinaceum*) et par Cooper, Coatney, Imboden et Jeffery ([6]) (Malaria expérimentale *vivax*, souche Chesson).

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'adrénaline, hormone anti-inflammatoire.* Note (*) de MM. **Albert Delaunay, Elie Foucquier** et Mme **Jacqueline Lebrun**, présentée par M. Gaston Ramon.

Au cours d'expériences récentes, nous avons eu l'occasion d'examiner le pouvoir artériolo-constricteur de l'adrénaline sur le méso-appendice du Rat par la méthode de Chambers et Zweifach ([1]). Nous nous sommes servi d'adrénaline Clin (Sempa) en solutions aqueuses (pH 7,5). Quelques gouttes de solutions concentrées (1000 à 100γ d'hormone par centimètre cube), déposées sur le méso-appendice, déterminent une vaso-constriction presque immédiate : la lumière des artérioles s'efface, la circulation en aval est suspendue, les veines sont gorgées de globules sanguins immobiles. Ces phénomènes ne sont pas réversibles, même par un lavage prolongé de la préparation avec de l'eau physiologique. Quelques γ d'adrénaline suffisent encore à provoquer les réactions vasculaires que nous venons de définir, mais cette action n'est plus que transitoire; elle disparaît après lavage. On sait que, d'après les données classiques, le tartrate d'ergotamine est en mesure d'inhiber l'action vaso-constrictrice de l'adrénaline. C'est effectivement ce que nous avons constaté. Un mélange composé, en parties égales, d'une solution de tartrate d'ergotamine à 0,5 °/₀₀ et d'une solution relativement concentrée d'adrénaline (200γ/cm^3), appliqué sur le méso-appendice, provoque encore localement une constriction artériolaire avec arrêt de la circulation, mais ces phénomènes n'apparaissent que lentement et ils sont de faible durée. Au bout

(5) *Proc. Soc. exp. Biol. Méd.*, 72, 1949, p. 586.

(6) *Proc. Soc. exp. Biol. Méd.*, 72, 1949, p. 587.

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 317.

de quelques minutes, la circulation reprend *spontanément* et les vaisseaux retrouvent leur diamètre initial. L'adénochrome et le monosemicarbazone d'adénochrome (adrénoxyl), étudiés dans les mêmes conditions, n'ont provoqué, même à doses très fortes (500γ/cm³), aucune perturbation dans la circulation mésentérique.

Substance vaso-constrictrice, l'adrénaline est aussi capable de diminuer considérablement la perméabilité des membranes capillaires. Nous avons pu mettre cette action en évidence, avec une netteté toute particulière, par notre méthode combinée au toluène et au bleu trypan ([2]). Du bleu trypan injecté par voie intraveineuse s'accumule très rapidement dans la peau du Lapin qui a été badigeonnée au préalable avec du toluène. Ce phénomène, qui ne fait jamais défaut au niveau d'un tégument normal, manque au contraire si, avant le badigeonnage, on a injecté dans le tissu cutané une certaine quantité d'adrénaline. Les doses encore actives sont extrêmement faibles (moins de 1 γ/cm³). La diminution de perméabilité de la membrane capillaire produite par l'hormone se maintient plus ou moins longtemps, en fonction de l'importance de la dose utilisée (par exemple, avec 10γ, elle dure plusieurs heures). Cette fois encore, on peut atténuer l'intensité du phénomène en injectant, en mélange avec l'hormone, du tartrate d'ergotamine. Une solution d'ergotamine renfermant 200γ de produit par centimètre cube inhibe partiellement, mais nettement, l'action de 10γ d'adrénaline. D'après Parrot ([3]) l'adénochrome serait aussi capable de diminuer la perméabilité capillaire. Mais cette propriété n'appartient plus à l'adrénoxyl, d'après nos constatations.

L'adrénaline peut enfin entraver l'immigration des leucocytes dans les tissus enflammés. Des staphylocoques, injectés seuls sous la peau d'un cobaye, déterminent localement une diapédèse qui, déjà nette après 1 heure, devient considérable en 6 heures. Au contraire lorsque les germes ont été inoculés avec une dose d'adrénaline de l'ordre de 10γ [dose non nécrosante ([4])], l'afflux des polynucléaires est pratiquement nul au bout de 1 heure, et il reste encore très faible après 6 heures. Une telle inhibition de la diapédèse peut être empêchée totalement par le tartrate d'ergotamine.

Ces diverses observations nous paraissent intéressantes à plus d'un titre. Elles expliquent le pouvoir pro-infectieux de l'adrénaline en montrant que celle-ci paralyse, jusqu'à un certain point, les défenses leucocytaires ([5]). Surtout, elles permettent de faire de cette hormone une substance anti-inflamma toire typique qui atténue ou supprime les trois grandes manifestations vasculaires de l'inflammation : la vaso-dilatation, l'augmentation de perméabilité de la membrane capillaire et la diapédèse. Pareil fait mérite d'être signalé au moment où l'on insiste sur les vertus anti-inflammatoires de la cortisone ([6]) et de plusieurs autres hormones ([7]), question que nous étudions nous mêmes en ce moment.

([2]) *Société anatomique*, séance du 5 janvier 1950. (Article à paraître dans *Pathologie*.)
([3]) *C. R. Soc. biol.*, 143, 1949, p. 819.
([4]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 314.
([5]) D. G. Evans, A. A. Miles et J. S. F. Niven, *Brit. J. exp. Path.*, 29, 1948, p. 20.
([6]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 327.
([7]) M. Taubenhaus et G. D. Amromin, *Endocrinology*, 44, 1949, p. 359.

IMMUNOLOGIE. — *Premiers essais d'application clinique de la vaccine traitée par de faibles doses de formol.* Note (*) de MM. **Paul Nélis, Fernand Schœnærs** et **Alphonse Lafontaine**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une série de Notes antérieures nous avons pu montrer qu'il était possible d'atténuer le virus jennerien par de très faibles doses de formol ([1]) et de faire perdre à une souche dite encéphalitogène ses propriétés neurotropes tout en maintenant ses propriétés dermotropes ([2]).

L'action du formol est bloquée par l'action successive de l'ammoniaque et de l'anhydride carbonique ([3]); il demeure néanmoins vrai que la pulpe ainsi traitée reste plus délicate et perd plus rapidement son activité que la pulpe courante.

L'immunité provoquée par cette pulpe formolée chez le Lapin albinos paraît aussi solide que celle qui est conférée par la même pulpe non traitée : les animaux résistent tous à une inoculation massive de vaccine faite 4 mois ou 8 mois après la vaccination ([4]).

Ces résultats étant acquis, nous avons cru pouvoir passer à l'expérimentation clinique.

A. *Essais personnels* ([5]). — Deux groupes d'enfants d'âge scolaire (6 à 16 ans) sont vaccinés, le premier avec la pulpe normale, le second avec la même pulpe fraîchement formolée; certains sont des sujets neufs, d'autres ont été vaccinés, 6 à 10 ans auparavant.

Le résultat de ces vaccinations, observé après 8 jours, est consigné dans le tableau ci-après.

	Pulpe normale.		Pulpe formolée à 0,1 ‰ à 20°C pendant 48 heures.	
Intensité de la réaction.	Primo-vaccinés.	Revac-cinés.	Primo-vaccinés.	Revac-cinés.
Nombre d'enfants dans chaque série...	2	101	89	12
% de résultats positifs...............	100	93,3	95,5	83,4
+.........................	–	63	10	8
++.........................	–	27	44	2
+++.........................	–	1	15	–
++++.........................	2	–	16	–
% de résultats négatifs..............	–	6,7	4,5	16,6
Nombre de résultats négatifs (—)......	–	7	4	2

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) P. Nélis et A. Lafontaine, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 856.

([2]) P. Nélis, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 1087; *Bull. Ac. Roy. Méd. Belg.*, **14**, 1949, p. 210.

([3]) P. Nélis et A. Lafontaine *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 856.

([4]) P. Nélis et A. Lafontaine, *C. R. Soc. Biol.*, 1949, séance de novembre et expériences en cours.

([5]) Le Dr Piot, Inspecteur d'Hygiène à Louvain, nous a apporté une aide importante dans la réalisation de ces essais.

Les réactions sont en règle générale moins violentes et le halo inflammatoire péripustulaire est nettement moins marqué avec la pulpe formolée qu'avec la pulpe ordinaire; d'autre part, lorsqu'il y a pustule, celle-ci laisse une cicatrice caractéristique permettant le contrôle.

B. *Essais faits dans un institut de pédiatrie* — Les premiers résultats peu encourageants au début (ne dépassant pas 70 % de positifs), se sont améliorés progressivement par l'emploi d'une technique plus rigoureuse dans la préparation de la vaccine formolée.

Lors d'un essai réalisé dernièrement, le Dr Alliaume a obtenu 14 cas positifs sur 14 enfants vaccinés.

C. *Essais faits à l'intervention de l'Office Vaccinogène de l'État.* — Le conditionnement, l'expédition et la conservation de la pulpe après la réception sont faits dans les conditions habituelles sans précautions particulières; les praticiens n'ont pas été avertis de la modification apportée à la pulpe.

Les premiers essais ont été réalisés avec des souches faibles et ont été décevants (souche **3512**), mais en utilisant des souches plus actives et surtout en évitant tout échauffement lors de l'homogénéisation du mélange, nous avons pu élever progressivement le pourcentage des positifs (souches **3514** et **3518**) : le tableau ci-dessous illustrera mieux cet essai qu'une longue description.

On peut voir notamment que la souche 3518 formolée donne jusqu'à 97,7 % de résultats positifs.

	Souche 3515 non formolée.		Souche 3512 formolée.		Souche 3514 formolée.		Souche 3518 formolée.	
	Résultat positif.	Résultat négatif.	Résultat positif.	Résultat négatif.	Résultat positif.	Résultat négatif.	Résultat positif.	Résultat négatif.
Primovaccinés........	1920	38	488	1678	1993	1324	313	102
	(98,1 %)	(1,70 %)	(22,5 %)	(77,5 %)	(60 %)	(40 %)	(77,9 %)	(21,1 %)
Revaccinés après moins de 10 ans..........	118	68	84	152	259	263	328	36
	(63,5 %)	(36,5 %)	(35,6 %)	(64,4 %)	(49,6 %)	(50,4 %)	(90,2 %)	(9,8 %)
Revaccinés après plus de 10 ans..........	350	69	22	45	994	149	1218	29
	(83,6 %)	(16,4 %)	(32,9 %)	(67,1 %)	(87 %)	(13 %)	(97,7 %)	(2,3 %)

Conclusions. — Les premiers essais d'application humaine de la vaccination avec une pulpe vaccinale traitée par le formol à très faible concentration, sont encourageants.

Cette vaccination donne une réaction locale semblable à celle provoquée par la vaccination jennerienne habituelle, quoique dans l'ensemble moins violente. Elle laisse néanmoins une cicatrice indélébile permettant de contrôler *a priori* la réalité et l'efficacité de la vaccination.

Dans les cas que nous avons rapportés, il n'y a eu aucune complication neurologique, mais le nombre de vaccinations effectuées est bien trop faible pour aboutir à une conclusion quelconque.

Si la pulpe formolée employée dans les quelques jours qui suivent sa prépa-

ration donne un pourcentage de résultats positifs comparables à ceux d'une pulpe normale, il n'en reste pas moins vrai que le problème de sa conservation et de son transport reste délicat.

Nous nous attachons actuellement à résoudre ce problème.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Réactions allergiques à l'antigène* R. burneti *chez l'africain de la région de Bambari* (*Oubangui-Chari, Afrique équatoriale française*). Note (*) de MM. **Paul Giroud** et **Paul Le Gac**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le pourcentage des réactions d'hypersensibilité positives à l'antigène fièvre Q est plus élevé chez les bouchers, marchands de viande, leurs femmes et les pasteurs, que chez les sujets pris au hasard dans un même type de village, en Oubangui-Chari.

On ne peut attribuer cette différence qu'au fait que les premiers sont en contact quasi permanent avec les bovins, tandis que les autres ne s'en approchent qu'exceptionnellement.

Chez les africains du Moyen Congo habitant aux environs de Brazzaville, nous n'avons pas constaté de test d'hypersensibilité positif à l'antigène *R. burneti*.

Par contre, nous avons eu des réactions positives chez trois sujets résidant dans le village cosmopolite de Potopoto et originaires des bords du Congo et de l'Oubangui (de Mossaka à Impfondo). La réaction observée chez un sujet de ce dernier poste était particulièrement intense.

Aussi avons-nous comparativement recherché cette réaction tout d'abord chez des africains n'ayant pas de contact déterminé avec des bestiaux, puis chez des bouchers ou des pasteurs Borôbos de la région.

1° Des sujets adultes, pris au hasard, habitant les quartiers ou villages environnant Bambari; la plupart ont été suivis pendant 72 heures et nous avons constaté que 31 sur 89 présentaient un test d'hypersensibilité positif. Il y avait 13 hommes positifs sur 34 et 18 femmes positives sur 55.

2° Nous avons procédé aux mêmes essais sur des bouchers, marchands de bestiaux, sur leurs femmes et leurs employés, sur des équarrisseurs et des pasteurs, avec les résultats suivants :

8 bouchers ou marchands de viande sur 11 se sont montrés hypersensibles.

Leurs employés, sujets amaigris, porteurs de gale infectée ne réagissent que médiocrement au test; 3 seulement sont positifs, sur 14. Par contre, 4 femmes de bouchers sur 5 sont hypersensibles et 5 pasteurs sur 6 réagissent de même.

L'antigène *R. burneti* provoque, comme on le voit, chez les noirs de l'A. E. F., d'autant plus de réactions positives que le conctact des humains avec les bovins

(*) Séance du 15 mai 1950.

est plus intime. Les bouchers et surtout les pasteurs sont plus fréquemment hypersensibles, dans cette région, que les sujets exerçant toute autre profession.

Les femmes des bouchers sont plus hypersensibles que les femmes des villages indigènes. Ceci peut être dû, pour une part, au fait que ces femmes secondent leur mari dans leur négoce. Elles se trouvent ainsi plus directement exposées à la contagion.

A 16h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h25m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DU MOIS D'AVRIL 1950 (*suite et fin*).

Untersuchungen über die Stabilität von Pektin in saurer, wässriger Lösung, von FRITZ WEBER. Zürich, 1944; 1 fasc. 22cm,5.

Zur Kenntnis der Kolloidchemischen Eigenschaften des Humus. Dioxanextraktion und Dispersitätschemie des Fichtenholzlignins, von HENRI PERRENOUD. Dresden, 1944; 1 fasc. 27cm.

Der biologische Abbau von Zellulose-und Einweiss-Testschnüren im Boden von Wald- und Rasengesellschaften, von FÉLIX RICHARD. Zürich, 1945; 1 fasc. 25cm.

Die Entwicklung der Bodenkunde in Zürich, von HANS PALLMANN. Zürich, 1946; 1 fasc. 23cm.

VIIe Congrès international des industries agricoles. Paris, 1938. QUESTION II. *Sur l'unification des méthodes d'analyse des vins*, par CH. GODET; 1 feuillet 24cm.

Über Wasserstoff- und Hydroxylschwarmionen um suspendierte Teilchen und dispergierte Ultramikronen, von GEORG WIEGNER und HANS PALLMANN, in *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde Verlag Chemie*. Teil A. Bd 16, 1930; 1 fasc. 23cm,5.

Die Wasserstoffaktivität in Dispersionen und Kolloiddispersen Systemen, von HANS PALLMANN. Dresden und Leipzig, 1930; 1 fasc. 23cm.

Die näturlischen Produktionsgrundlagen der schweizerischen Milchwirtschaft, von HANS PALLMANN und E. FREI, in *Die schweizerische Milchwirtschaft*, 1949; 1 fasc. 26cm,

Problèmes de géomagnétisme, par J.-P. ROTHÉ, ÉMILE THELLIER, RAYMOND JOUAUST. ALEXANDRE DAUVILLIER, in *Bibliothèque cosmophysique*. Paris, Éditions de la Revue d'Optique théorique et instrumentale, 1950; 1 vol. 22cm,5.

Les lampes à éclairs lumière blanche, par MARCEL LAPORTE. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. J. Cabannes).

Essai de classification documentaire de médecine aéronautique, par L. GALLOUIN, in *La Médecine aéronautique* et *Bulletin du service de santé de l'Air*. Paris, L'Expansion scientifique française, s. d.; 1 fasc. 24cm.

Les hautes températures et leurs utilisations en chimie, publié sous la direction de M. PAUL LEBEAU, par FÉLIX TROMBE, avec la collaboration de J.-L. ANDRIEUX, J. BÉNARD, A. BERTON, G. BOUCHET, P. BRÉMOND, G. CHAUDRON, PIERRE CHÉVENARD, J. CUEILLERON, A. DAMIENS, M. DESCARSIN, E. DUPUY, P. FLEURY, M. FOËX, E. FRELING, H. GEORGES, LOUIS HACKSPILL, L. HALM, PIERRE JOLIBOIS, P. LAFFITTE, Y. LETORT, ALBERT MICHEL-LÉVY, B. LONG, R. MAILLET, M. MANSON, L. MOREAU, A. MORETTE, HENRI MURAOUR, M. OSWALD, I. PEYCHÈS, M. PICON, GUSTAVE RIBAUD, XAVIER WACHÉ, JEAN WYART. Paris, Masson, 1950; 2 vol. 25cm.

1º *Congresso luso-espanhol de hidrologia. Actas. Alocucões. Communicaçœs.* Lisboa, Ministerio da economia, 1947; 1 vol. 30cm.

La vie serait-elle possible à bord de satellites artificiels de la Terre ou de projectiles astronautiques?, par ERNEST ESCLANGON. Extrait du *Mémorial de l'artillerie française*, 1949. T. XXIII. Fasc. 4. Paris, Imprimerie nationale, 1950; 1 vol. 23cm,5.

L'alcoolisme. Problèmes médico-sociaux. Problèmes économiques, par PAUL PERRIN. Paris, L'Expansion scientifique française, 1950; 1 vol. 24cm.

Bourganeuf, ville médiévale, par JEAN BOUTAUD. Deuxième édition. Bourganeuf. Imprimerie Rebière, 1950; 1 vol. 21cm,5.

Einladung zur Teilnahme an der 24. Hochschulwoche der Holschule für Bodenkultur in Wien 12. bis 17. juni 1950. Vorläufiges Programm Ergänzungen un Änderungen vorbehalten. Wien, 1950; 1 fasc. 21cm.

Arkiv för astronomi utgivet av K. Svenska Vetenskaps-Akademien. Band 1. Häfte 1. Stockholm, Almqvist & Wiksells Bochtryckeri AB; London, H. K. Lewis & Cº Ltd. Paris, C. Klincksieck, 1950; 1 vol. 25cm.

La parthénogenèse animale, par JEAN ROSTAND, in *Nouvelle collection scientifique*. Paris, Presses universitaires de France, 1950; 1 vol. 19cm (présenté par M. M. Caullery).

Théorie de la stabilité élastique, 1947. *Théorie des vibrations à l'usage des ingénieurs*, 1947. *Théorie de l'élasticité*, 1948, par STEPHEN TIMOSHENKO, traduits de l'anglais par A. DE RIVA BERNI. *Résistance des matériaux.* Première partie, 1947 : *Théorie élémentaire et problèmes:* Deuxième partie, 1949 : *Théorie développée et problèmes*, par STEPHEN TIMOSHENKO, traduits de l'anglais par CH. LAFFITTE. *Théorie des constructions*, 1949, par STEPHEN TIMOSHENKO et D. H. YOUNG, traduit de l'anglais par FRANCIS SCHELL. Paris et Liége, Librairie polytechnique Ch. Béranger; 6 vol. 24cm.

The Montreal botanical garden, published by *The department of public works*, division of Parks, City of Montreal, 1947; 1 fasc. 23cm.

Congrès international de microscopie électronique. Paris, 14-22 septembre 1950, organisé par la SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MICROSCOPIE THÉORIQUE ET APPLIQUÉE. Paris, Laboratoire de cryptogamie du Muséum, 1950; 1 fasc. 27cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 31 MAI 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Edward Neville Da Costa Andrade**, Correspondant de l'Académie, Membre de la *Royal Society*, qui assiste à la séance.

M. **Javillier** fait un bref compte rendu de la mission qu'il vient de remplir en Liban, Syrie et Grèce.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement du proembryon chez le* Tetragonolobus siliquosus *Roth* (Lotus siliquosus L.). Note de M. **René Souèges**.

Cette nouvelle espèce ne s'écarte du *Dorycnium rectum* que par des différences n'intéressant nullement les lois fondamentales du développement et se rattache au même type embryonomique du *Trifolium minus*. Il se confirmerait ainsi, d'après les données embryogéniques, que la tribu des Lotées, s'apparenterait intimement aux tribus voisines et pourrait même ne pas en être séparée.

En dehors du problème fondamental qui se pose, dans tous les cas en embryogénie comparée, et qui se trouve lié au mode de répartition plus ou moins complète, plus ou moins rapide, des potentialités, constructives et sécrétrices, dans les divers blastomères au fur et à mesure de leur séparation, il est beaucoup d'autres questions bien moins générales à résoudre; par exemple, lorsque l'on se trouve en présence de grands groupements naturels en apparence homogènes, celle qui consiste dans la détermination des vrais rapports des espèces composantes et dans la validité des classements dont elles ont fait l'objet d'après leurs simples caractères extérieurs. C'est le cas particulièrement des Papilionacées, vaste famille qui comprend plus de 10000 espèces, si bien définie par les modalités de sa constitution florale et dont les divisions et

subdivisions s'avèrent tout à fait artificielles. Le fait se remarque surtout, au sujet des tribus les plus répandues (Génistées, Trifoliées, Viciées, Phaséolées, Lotées, Galégées) qui sont, à juste titre, considérées comme le noyau central de la famille, dont elles réunissent les caractères fondamentaux : étamines toujours soudées, monadelphes ou polyadelphes, gousse membraneuse ou coriace, déhiscente ou indéhiscente, jamais samaroïde ou drupacée. Déjà, en ce qui concerne les Lotées ([1]), l'étude du *Lotus corniculatus* L. et du *Dorycnium rectum* Ser. a démontré que le problème était loin d'être résolu, que les relations de cette tribu avec ses voisines n'étaient nullement élucidées, et que, du point de vue embryogénique, il n'y avait pas lieu de considérer les Lotées comme une tribu distincte. Il s'agit de savoir si l'examen de nouveaux exemples permettra de confirmer ces conclusions.

On ne peut manquer d'être frappé des grandes analogies qu'offrent les formes proembryonnaires du *Tetragonolobus siliquosus* avec celles du *Dorycnium rectum*. Elles ont même aspect, même physionomie générale, même constitution; les différences que l'on peut relever, apparemment légères, n'intéressent nullement les lois fondamentales du développement et résideraient surtout en ceci que, chez le *Tetragonolobus :* 1° le proembryon affecte des dimensions plus considérables; 2° l'étranglement séparant, à la fin de la période proembryonnaire, l'embryon proprement dit du suspenseur est plus accentué et plus précoce; 3° les macromères, dans la région supérieure, se montrent beaucoup plus petits par rapport aux macromères de la région inférieure; 4° enfin, la séparation des deux catégories de blastomères, dans la région moyenne, est en général beaucoup plus distincte.

La figure 2 montre comment se différencie une tétrade du type B_1, aux dépens du proembryon bicellulaire (*fig.* 1). Les éléments issus de la cellule basale, *cb*, comme en témoignent les figures suivantes, engendrent un suspenseur globuleux dont les gros macromères procèdent de segmentations diversement orientées, le plus souvent obliques. Les deux éléments supérieurs, engendrés par la cellule apicale, *ca*, donnent quatre quadrants disposés en tétraèdre (*fig.* 6); le quadrant du sommet représente la cellule épiphysaire, *e*. En 6 et 7, le proembryon est nettement octocellulaire procédant de bipartitions régulières successives. Les figures 9 à 12 permettent d'assister à la première division anticline de la cellule épiphysaire; les trois quadrants sous-épiphysaires (*fig.* 7) se segmentent assez diversement; on peut se faire une idée de leur mode variable de division dans les figures 10 à 14.

A partir des stades représentés par les figures 11, 12, on ne peut donner que des interprétations hypothétiques sur le mode de construction de toute la région du corps issue de *ca*. Les limites inférieures du groupe cellulaire produit par l'épiphyse ne peuvent être déterminées avec précision dans tous les cas; par exemple, en 15, 16, 18, à des stades cependant assez jeunes, il n'est pas possible de reconnaître exactement tous les éléments qui ont pris naissance aux dépens de *e*. Il est également difficile de dire comment se séparent réellement les deux étages *pc* et *p'* d'où tirent origine la partie cotylée *sensu*

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 324.

stricto et la région génératrice de l'hypocotyle et du massif hypophysaire. En 17, les deux premières assises qui correspondent à ces deux étages apparaissent nettement séparées, mais en 15, 16, 18, 19, 20, on ne peut assister à leur séparation véritable. De même aux stades suivants, on ne peut exactement se rendre compte de la différenciation, aux dépens de l'assise *p'*, des deux parties *phy* et *h* représentant les rudiments de l'hypocotyle et du massif hypophysaire; elles semblent nettement différenciées en 21 et 24, mais en 18, 19, 20, 22, 23, et, d'une manière générale, on ne peut distinguer leurs limites, dire par quels processus elles arrivent à se constituer. Ce n'est que lorsqu'un étranglement assez

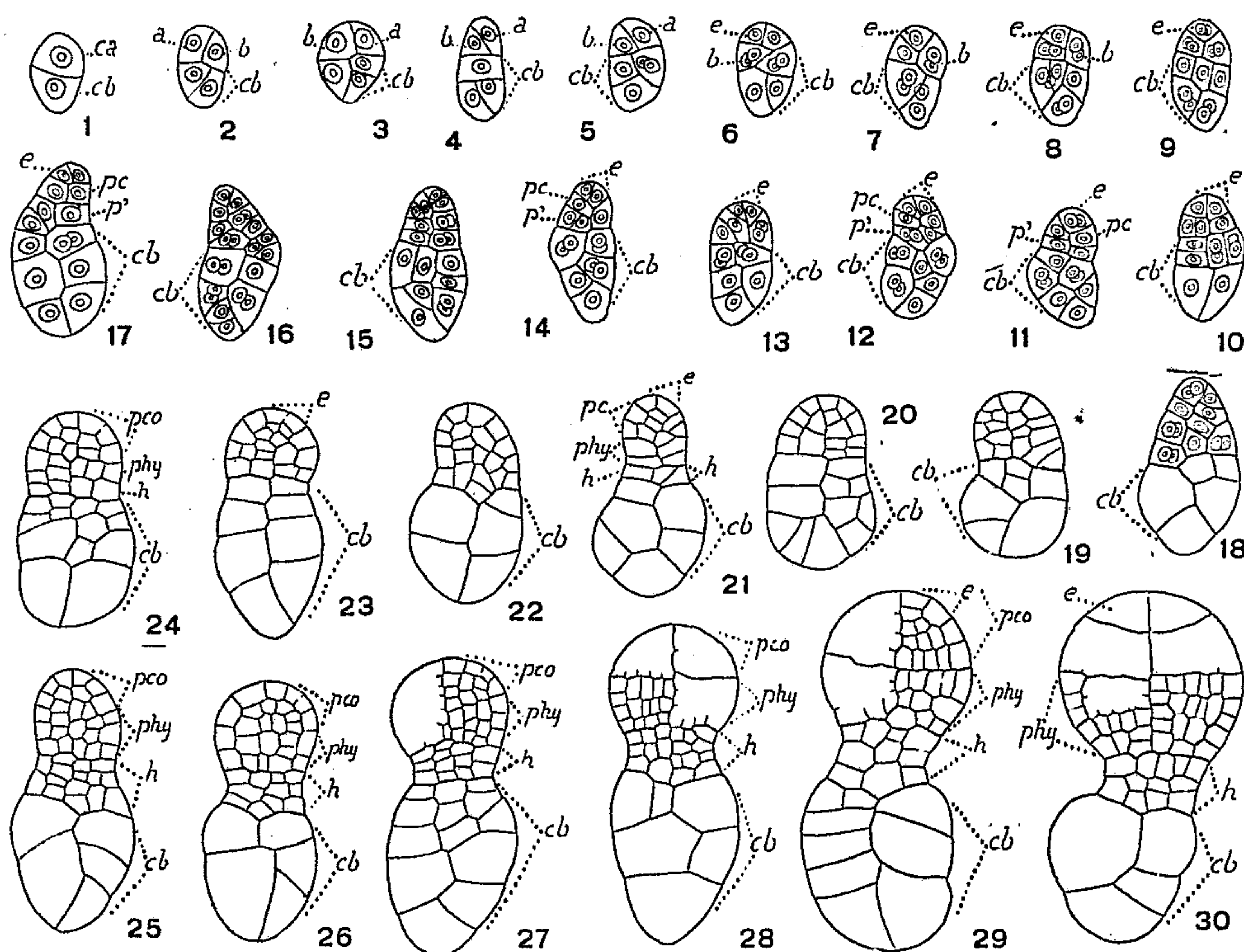


Fig. 1 à 30. — *Tetragonolobus siliquosus* Roth. — Développement du proembryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée *sensu stricto*; *p'*, assise engendrant l'hypocotyle, *phy*, et le massif hypophysaire, *h*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*. G. = 180.

prononcé se produit dans la région moyenne du proembryon (*fig.* 23 à 26) que devient possible la distinction entre les deux parties *phy* et *h*. A ce moment, l'une et l'autre de ces deux parties comprennent déjà trois à quatre assises cellulaires. Il est encore difficile parfois, d'établir, de manière indiscutable, une ligne de démarcation entre les éléments qui tirent origine les uns de *ca* les autres de *cb*, autrement dit de bien reconnaître les limites de l'embryon proprement dit et du suspenseur, car, dans certains cas, quelques macromères issus de *cb*, voisins de *ca*, et, semble-t-il, tout d'abord isolés par des parois plus ou moins horizontales (*fig.* 4, 9, 10, 13, 16), se cloisonnent plus activement et prennent des dimensions et des dispositions comparables à celles des éléments supérieurement placés engendrés par la cellule apicale (*fig.* 23 à 27).

Somme toute, le *Tetragonolobus siliquosus* offre dans son développement embryonnaire les plus grandes analogies avec le *Dorycnium rectum*. On ne constate pas de différences vraiment essentielles. Les lois du développement régissant les rapports d'origine, de disposition et de destinées des blastomères aux quatre premières générations sont les mêmes dans les deux cas. Ce sont ces mêmes lois qui ont servi à définir le type embryonomique du *Trifolium minus* (²) de la tribu des Trifoliées, et qui ont été également rencontrées chez le *Genista tinctoria*, l'*Ulex europæus*, le *Sarothamnus scoparius*, de la tribu des Genistées, chez le *Thermopsis fabacea*, de la tribu des Podalyriées. Ces trois tribus, auxquelles il convient de joindre les Lotées, étant donnés leurs caractères embryogéniques communs, ne peuvent guère être séparées de manière tranchée. Les variations, en outre, qu'elles offrent, dans leur sein, avec les différentes espèces, démontreraient qu'elles ne sont nullement homogènes et que de nombreuses investigations sont encore nécessaires pour reconnaître l'origine phylétique véritable de tous les éléments que l'on fait entrer dans leur composition.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse totale du β-carotène.*

Note (*) de MM. **Paul Karrer** et **Conrad Eugster**.

Nous décrivons dans cette Note la synthèse totale du β-carotène. Lorsqu'on fait réagir l'organomagnésien (II), obtenu à partir de l'alcool (I) (¹) et du bromure d'éthylmagnésium, sur l'octène-4-dione-2,7 (III) (²), on obtient le tétrol (IV) (mélange de stéréoisomères). Les deux triples liaisons de ce polyalcool se laissent partiellement réduire en doubles liaisons par l'hydrogène en présence de palladium comme catalyseur. L'acide toluolsulfonique permet d'éliminer quatre molécules d'eau du tétrol (V) ainsi réduit, donnant naissance au β-carotène (à côté d'une petite quantité d'autres caroténoïdes). Les cristaux caractéristiques du β-carotène synthétique ainsi obtenu, comparés avec les cristaux correspondants du β-carotène naturel, ne diffèrent en rien dans leurs spectres d'absorption, dans le spectre d'absorption de la réaction de Carr-Price, dans leurs points de fusion et dans un chromatogramme de leur mélange.

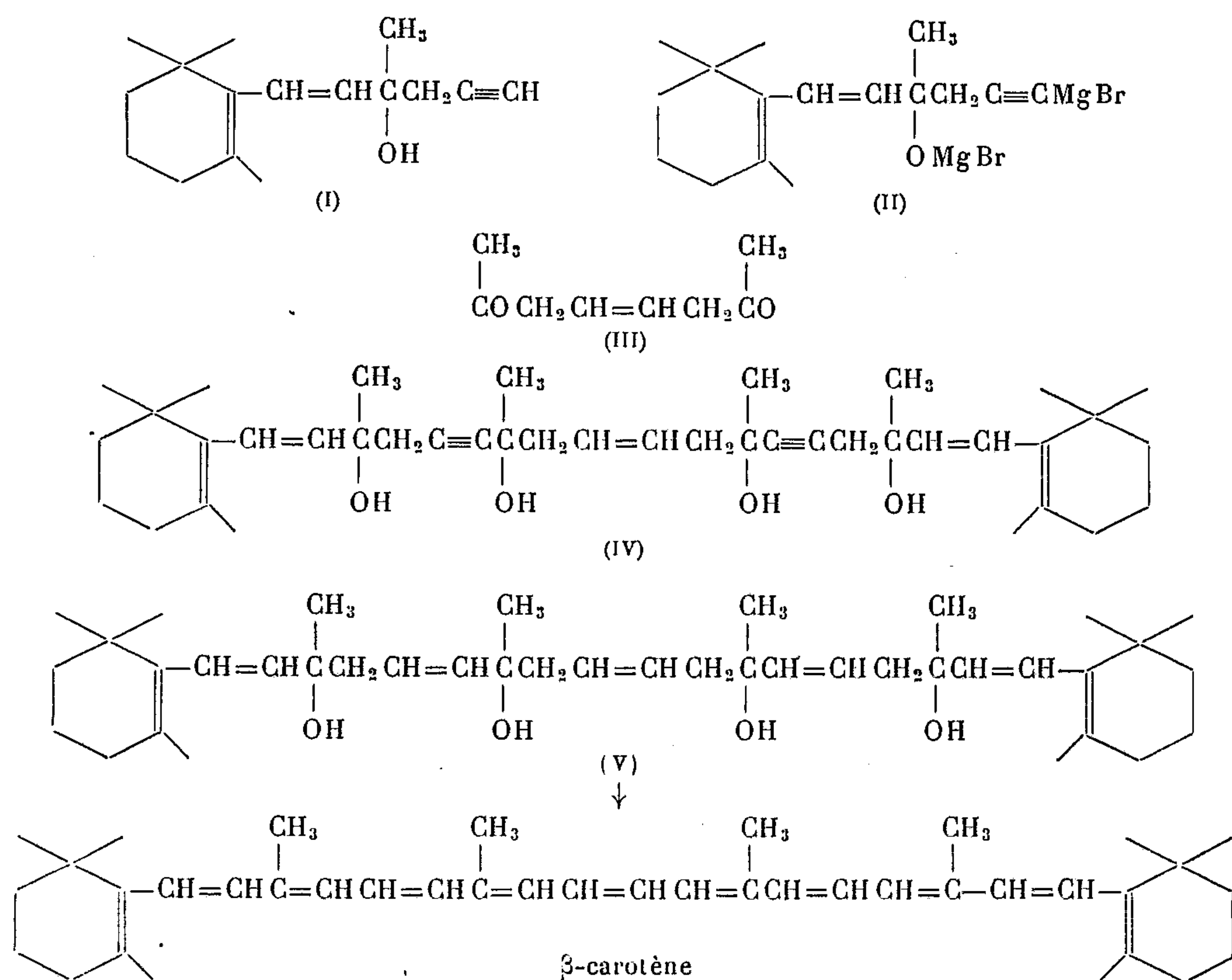
(²) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 3ᵉ fasc. *Partie spéciale*, Paris, 1948, p. 56.

(*) Séance du 22 mai 1950.

(¹) Brevet Suisse, Nº 258-514, du 16 mai 1949.

(²) P. Karrer et C. H. Eugster, *Helv.*, 32, 1949, p. 1934.

Nous avons obtenu environ 30mg de β-carotène cristallisé par déshydratation de 1g de tétrol (V).



TÉRATOLOGIE. — *Action de la colchicine sur l'expression de la polydactylie.* Note (*) de MM. **Paul Ancel** et **Jean Courtial**.

Chez des poules appartenant à des races polydactyles, la fréquence de la polydactylie peut être diminuée par incubation des œufs à basse température du 2e au 6e jour [Sturkie (1), Warren (2)]. Gabriel (3) a montré que le même effet pouvait être obtenu par des applications locales et temporaires sur les ébauches des pattes, de petits rectangles d'agar-agar imprégnés de colchicine. Cette substance déposée en solution sur des embryons de races non polydactyles à la 48e heure de l'incubation détermine la strophosomie [Mme S. Lallemand (4)]. La colchicine s'est aussi montrée capable de produire

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *J. exper. Zool.*, **93**, 1943, p. 325.

(2) *Genetics*, **29**, 1944, p. 216.

(3) *J. exper. Zool.*, **101**, 1945, p. 351.

(4) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1440.

l'ectrodactylie mais seulement chez les strophosomes. Ce type d'ectrodactylie est caractérisé par l'absence du premier orteil qui a toujours été observée chez les ectrodactyles conditionnés par la colchicine ([5]).

Ces divers résultats nous ont incités à étudier l'action de la colchicine sur l'expression de la polydactylie. Le matériel d'étude a été constitué par des œufs de poules Leghorn blanches (4 orteils) croisées avec un mâle de race Faverolle (5 orteils). Une fenêtre a été ouverte dans la coquille après 48 heures d'incubation; une goutte d'une solution de colchicine à la concentration de 1/200 000 (dose $0^{mg},00025$) a été déposée sur l'embryon, puis la fenêtre obturée par une lamelle de verre lutée à la paraffine et les œufs ont été replacés dans la couveuse réglée à 37°, 5.

Nous avons d'abord cherché à établir la fréquence de la polydactylie en suivant cette technique mais sans dépôt de colchicine, les œufs étant incubés à 37°,5. L'existence de la polydactylie n'a été recherchée que sur les embryons ayant atteint ou dépassé le huitième jour de l'incubation pour éviter toute incertitude de diagnostic. Sur soixante-treize de ces embryons soixante et un étaient polydactyles bilatéraux soit, 83 %. Dix ne présentaient de polydactylie qu'à une seule patte, la proportion de ces hétérodactyles était donc de 14 %. Dans neuf de ces dix cas la patte polydactyle était la gauche. Nous n'avons observé que deux cas d'absence bilatérale de la polydactylie, soit 3 %. La fréquence globale de la polydactylie bi et unilatérale a donc été de 97 %.

Nous avons d'autre part étudié l'action des basses températures en faisant incuber les œufs à celle de 34°,5. La fenêtre dans la coquille était faite comme précédemment après 48 heures d'incubation à 37°,5. Les œufs ont été ensuite maintenus à la température de 34°,5 pendant quatre jours, puis remis à la couveuse à 37°,5. Dans ces conditions, la fréquence de la polydactylie bilatérale est tombée à 45 %, celle de l'hétérodactylie s'est élevée à 30 % (dans tous les cas la patte polydactyle était la gauche); l'absence bilatérale de la polydactylie a été observée dans 25 % des cas. La fréquence globale de la polydactylie était donc de 75 %.

Les œufs soumis à l'action de la colchicine après 48 heures d'incubation à 37°,5 ont donné les résultats suivants : Sur 159 œufs mis en expérience, 105 ont donné des embryons qui ont atteint ou dépassé le huitième jour, 56 d'entre eux étaient polydactyles bilatéraux, soit 53 %, 12 étaient hétérodactyles (11 %) (la patte polydactyle était la gauche dans 10 cas). L'absence bilatérale de la polydactylie a été observée dans 37 cas, soit 35 %. La fréquence globale de la polydactylie s'élevait à 65 %.

Le nombre des strophosomes ayant atteint ou dépassé le huitième jour de l'incubation a été de 34, soit 32 %. *Aucun de ces strophosomes n'était polydactyle*

([5]) P. Ancel, *La chimiotératogenèse*, 1950, Paris.

bilatéral, 4 étaient hétérodactyles, la patte gauche étant polydactyle chez 3 d'entre eux. Dans le cas d'absence de la polydactylie le nombre des orteils était habituellement de 4, mais il a été plus réduit chez certains embryons, uni ou bilatéralement. Sur 68 pattes de strophosomes, 10 présentaient cette réduction du nombre des orteils à moins de 4, caractéristique de l'ectrodactylie. 2 strophosomes étaient ectrodactyles bilatéraux et 6 unilatéraux.

Au sujet de l'action de la colchicine sur les embryons non strophosomes, la statistique donne les résultats suivants : Si l'on enlève des 105 embryons âgés d'au moins huit jours, les 34 strophosomes, il reste 71 embryons. On trouve parmi eux 56 polydactyles bilatéraux (79 %), 8 hétérodactyles (11 %) et 7 non polydactyles (10 %). Ces proportions sont donc un peu différentes de celles données par les œufs incubés à 37°,5 sans colchicine : 79 au lieu de 83 pour les polydactyles bilatéraux, 11 au lieu de 14 pour les hétérodactyles et 10 au lieu de 3 pour les embryons ne possédant que quatre orteils aux deux pattes. Une action empêchante de la polydactylie sous l'influence de la colchicine apparaît donc probable même chez des embryons n'ayant présenté aucune malformation.

Chez les hétérodactyles, la polydactylie s'est montrée dans les trois variétés d'expériences plus fréquente à gauche qu'à droite. Dans l'ensemble on a observé 31 cas à gauche sur 34 (91 %). Cette prédominance de la polydactylie du côté gauche chez des individus provenant du croisement d'une race à quatre orteils avec une race polydactyle a déjà été signalée par différents auteurs [Bond ([6]), Landauer ([7])].

Les résultats de nos expériences confirment l'action empêchante de basses températures d'incubation pour l'apparition d'un caractère racial, et ils montrent que la colchicine possède le même pouvoir à un degré encore plus élevé, la polydactylie globale étant tombée de 97 à 75 % par l'action des basses températures, à 65 % par celle de la colchicine et à 12 % chez les strophosomes.

De la part de l'Université de Lyon, M. **Maurice Javillier** fait hommage du fascicule sur la *Journée Raulin*, édité par les *Annales* de cette Université. Ce fascicule renferme notamment : l'allocution inaugurale de M. le Recteur Allix; la conférence de M. Javillier : *L'Œuvre biochimique et agronomique de M. Jules Raulin et ses développements en France;* la conférence de M. le Recteur Schopfer, de l'Université de Berne; *Les répercussions hors de France de l'Œuvre de Jules Raulin relative au zinc, oligoélément;* la bibliographie des travaux français dans le domaine des « oligoéléments ». Le présentateur espère que ce petit Ouvrage servira l'histoire de la Science et qu'il sera utile aux chercheurs de tous pays.

([6]) *Genet. J. of*, **10**, 1920, p. 87.

([7]) *Genetics*, **33**, 1947, p. 133.

M. **Robert Esnault-Pelterie** fait hommage de son Ouvrage : *Analyse dimensionnelle et métrologie* (*Le système Giorgi*).

DÉSIGNATIONS.

M. **Camille Gutton** est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie d'inauguration, à Bar-le-Duc, le 2 juillet 1950, d'un monument élevé à la mémoire de Raymond Poincaré, ancien Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Verge** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'économie rurale, par le décès de M. *Richard Fosse*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Georges Hersent. *Les Hydrostrades de l'avenir*. Préface de M. Raoul Dautry.

2° Arthur Brunel. *Traité pratique de Chimie végétale à l'usage des laboratoires et de l'Agronomie métropolitaine et coloniale*. Tome III (présenté par M. Heim).

3° Fernand Moreau. *P. A. Dangeard*, 1862-1947 (Extrait de la *Revue générale de botanique*).

4° *Altitude de l'isotherme* 0° C *dans l'Océan Indien Sud-Ouest*, par Jean Emon (présenté par M. Ch. Maurain).

GÉOMÉTRIE. — *Sur la géométrie du tétraèdre.*

Note de M. **Alphonse Marmion**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que le lieu des points dont les projections sur les faces d'un tétraèdre T sont dans un même plan, c'est-à-dire dont le *tétraèdre podaire* est un *plan podaire*, est une surface S du troisième ordre à 4 points doubles aux sommets de T, passant par les arêtes de T ([1]).

L'enveloppe des plans podaires est une surface N de quatrième classe ayant le plan de l'infini pour plan tangent triple ([2]), la courbe de contact étant la polaire réciproque, par rapport à l'ombilicale, de la courbe à l'infini de la

---

([1]) A. Sartiaux, *Nouv. Ann. de Math.*, 1864, p. 367; Eckardt, *Math. Ann.*, 1872, p. 30-50.

([2]) J. Neuberg, *Ann. Soc. Scient. Bruxelles*, 1909, p. 320-333.

surface S. La surface N contient les hauteurs de T et les 6 droites à l'infini des plans perpendiculaires à ses arêtes. Elle contient les mêmes éléments d'un tétraèdre T′ ([3]).

Une droite quelconque coupe S en 3 points qui ont des plans podaires. Le point d'intersection de ces 3 plans, appelé *l'orthopôle* de la droite, jouit de la propriété d'avoir les mêmes coordonnées barycentriques dans les tétraèdres podaires de tous les points de la droite et la même puissance par rapport aux sphères circonscrites à ces tétraèdres (*sphères podaires*) ([4]).

L'objet de la présente Note est la détermination de ce tétraèdre T′, que nous appellerons *tétraèdre adjoint* de T, et l'étude de ses propriétés, relatives en particulier à l'orthopôle.

Le tétraèdre T′ *a pour faces les plans de gorge des 4 quadriques de révolution* Q_n *à méridienne équilatère conjuguées à* T *et pour hauteurs les axes de ces quadriques.* Les sommets de T sont les foyers des 4 paraboloïdes de révolution conjugués à T′, les hauteurs de T en sont les axes. Les 2 tétraèdres T et T′ ont même hyperboloïde des hauteurs et par suite même point de Monge et, comme le centre de gravité de T′ est le centre de la sphère circonscrite à T, ils ont même droite d'Euler. Ils ont même courbe à l'infini de leurs surfaces S respectives et par suite, mêmes sommets de cylindres de révolution circonscrits. Ils ont même courbe de contact du plan de l'infini avec leurs surfaces N respectives. Lorsque T est orthocentrique, T′ est son homothétique par rapport à l'orthocentre (rapport 2).

Servais ([5]) a montré que les quatre cylindres de révolution ayant pour bases les cercles circonscrits aux faces d'un tétraèdre T ont six points communs, symétriques deux à deux par rapport au centre de la sphère circonscrite, points qui sont les sommets des *six cercles cubiques* (ou *courbes horoptères*) circonscrits à T. *Ces six points sont les milieux des arêtes de* T′ (ainsi que d'un autre tétraèdre Θ considéré par Servais).

Les cylindres de révolution, supports de ces six cercles cubiques, passent chacun par cinq des six points, et comme les cylindres qui déterminent les six points passent chacun par trois sommets de T, *l'ensemble des six milieux des arêtes de* T′ *et des quatre sommets de* T *jouit de la propriété que neuf de ces dix points se trouvent toujours sur un cylindre de révolution.* Les six cercles cubiques sont les inverses par rapport à T ([6]) des six arêtes de Θ. Ils passent

---

([3]) J. H. GRACE, *Proceed. Cambridge Philos. Soc.*, **23**, 1925-1927, p. 853-858.

([4]) C. SERVAIS, *Bull. Acad. Belgique*, 1922, p. 50-66, § 3. Cette propriété lui avait été signalée par M. Thébault.

([5]) *Bull. Acad. Belgique*, 1929, 3e et 4e communications; 1930, 5e communication.

([6]) Sur les points inverses par rapport à un tétraèdre, *voir* par exemple ROUCHÉ et COMBEROUSSE, *Traité de Géométrie*, 2e Partie, Note IV.

chacun par deux pieds des hauteurs de T′, ce qui, avec les sommets de T, les détermine.

Toutes les droites d'un plan P_n parallèle à une face de T′ (*plans adjoints*), ont le même orthopôle ω_n symétrique du pied de la hauteur correspondante de T′ par rapport à P_n, autrement dit *les sphères podaires de tous les points d'un plan adjoint sont orthogonales à une même sphère*. Les droites parallèles aux arêtes de T′ (*droites adjointes*), se trouvant dans deux plans adjoints, ont deux orthopôles ω_n et ω_p et par suite *ont pour orthopôles tous les points de la droite* $\omega_n\omega_p$ rencontrant deux hauteurs de T′.

Les points à l'infini des 6 arêtes de T′ (*points adjoints*), situés sur S, *ont un plan podaire indéterminé* dont seule la droite à l'infini est déterminée. Ils se trouvent de ce fait sur les *sextiques orthopôlaires* (7) (lieux des points de S dont les plans podaires passent par un point donné) de tous les points de l'espace. *Ces courbes ont ainsi les mêmes points à l'infini.*

Le lieu des orthopôles des droites d'une gerbe de centre O *quelconque est une surface du* 3e *ordre à* 4 *points doubles* situés sur les hauteurs de T′. Ces 4 points sont les symétriques des pieds des hauteurs de T′ par rapport aux projections de O sur ces hauteurs. Ce sont les orthopôles communs des droites situées dans chacun des 4 plans adjoints passant par O. La surface contient les 6 arêtes du tétraèdre formé par ces 4 points, arêtes qui sont les droites d'orthopôles des 6 droites adjointes passant par O. Elle passe par les sommets du tétraèdre podaire de O et les points à l'infini sur ses arêtes.

Le lieu des orthopôles des droites d'un faisceau plan de centre O *est une cubique gauche qui passe par les* 4 *points doubles du lieu précédent.* Les orthopôles forment sur la cubique une division projective au faisceau.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'amortissement des petites oscillations d'un liquide pesant et visqueux dans un tube en* U. Note (*) de Mlle **Claire Clarion**, présentée par M. Joseph Pérès.

Mesure de la pseudopériode et de l'amortissement des petites oscillations d'une colonne fluide dans un tube en U; résultats en parfait accord avec la théorie aussi bien pour les petites que pour les grandes valeurs du paramètre de J. Valensi.

Soit $\omega = \Omega + i\lambda$ la période complexe d'une colonne liquide de longueur L et de viscosité cinématique ν dans un tube en U de rayon R et soit $\omega_p = \sqrt{2g/L}$ la pulsation qu'aurait la colonne si le fluide était parfait.

J. Valensi (1) a montré en se basant sur des expériences antérieures que

(7) C. Servais, *Bull. Acad. Belgique*, 1922, 3e communication, § 20.

(*) Séance du 22 mai 1950.

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 446, 532, 893.

l'allure du phénomène est déterminée par le paramètre de similitude $R^2\omega_p/\nu$. En portant λ/ω_p en fonction de $R^2\omega_p/\nu$ avec des échelles logarithmiques, on obtient deux droites correspondant à $3,5 < R^2\omega_p/\nu < 14$ et $R^2\omega_p/\nu > 80$, et certains indices semblaient indiquer que le deuxième régime devait être turbulent. En particulier Christopherson ([2]) en opérant avec des colonnes de mercure, a trouvé des valeurs de λ/ω_p dans le deuxième régime, qui sont beaucoup plus grandes que les valeurs calculées théoriquement avec l'hypothèse d'un écoulement parallèle.

Cependant Th. de Kármán et J. Valensi ([3]) ont montré que l'expression empirique de l'amortissement des petites oscillations dans le deuxième régime pouvait être retrouvée théoriquement en supposant que tout le frottement se produise dans une couche limite laminaire.

Pour lever cette contradiction et combler les lacunes des travaux de M. Menneret, j'ai entrepris des mesures avec deux tubes en U, de diamètre 1,05 et $0^{cm},80$ et différents liquides de coefficient de viscosité cinématique compris entre 0,00118 et 0,095.

Les valeurs théoriques de λ/ω_p sont calculées dans ce cas à partir de l'équation

$$(1)\qquad \frac{\omega^2}{\omega_p^2} = 1 - 2\,\frac{J_1\left(\sqrt{-i\frac{\omega}{\omega_p}}\sqrt{\frac{\omega_p}{\nu}}R\right)}{\sqrt{-i\frac{\omega}{\omega_p}}\sqrt{\frac{\omega_p}{\nu}}RJ_0\left[\sqrt{-i\frac{\omega}{\omega_p}}\sqrt{\frac{\omega_p}{\nu}}R\right]},$$

dans laquelle J_0 et J_1 sont remplacés par leurs expressions asymptotiques.

Dans le premier régime, les valeurs expérimentales de λ/ω_p se placent sur une autre droite. Pour avoir dans ce dernier cas les valeurs théoriques de λ/ω_p à partir de (1), on a recours au calcul numérique. Les valeurs de λ/ω_p ainsi calculées pour $R^2\omega_p/\nu = 4,7 - 8,5 - 10,5 - 14,2$, se placent très près de la droite expérimentale.

Les dénivellations initiales sont communiquées à la colonne liquide par déplacement d'air. Un jeu de robinets à boisseau permet de libérer la colonne en un temps très bref et sans vitesse initiale. Le mouvement de la colonne liquide est enregistré sur une bande de papier sensible en s'inspirant d'une méthode indiquée par Fortier ([4]). Le temps est inscrit sur la même bande.

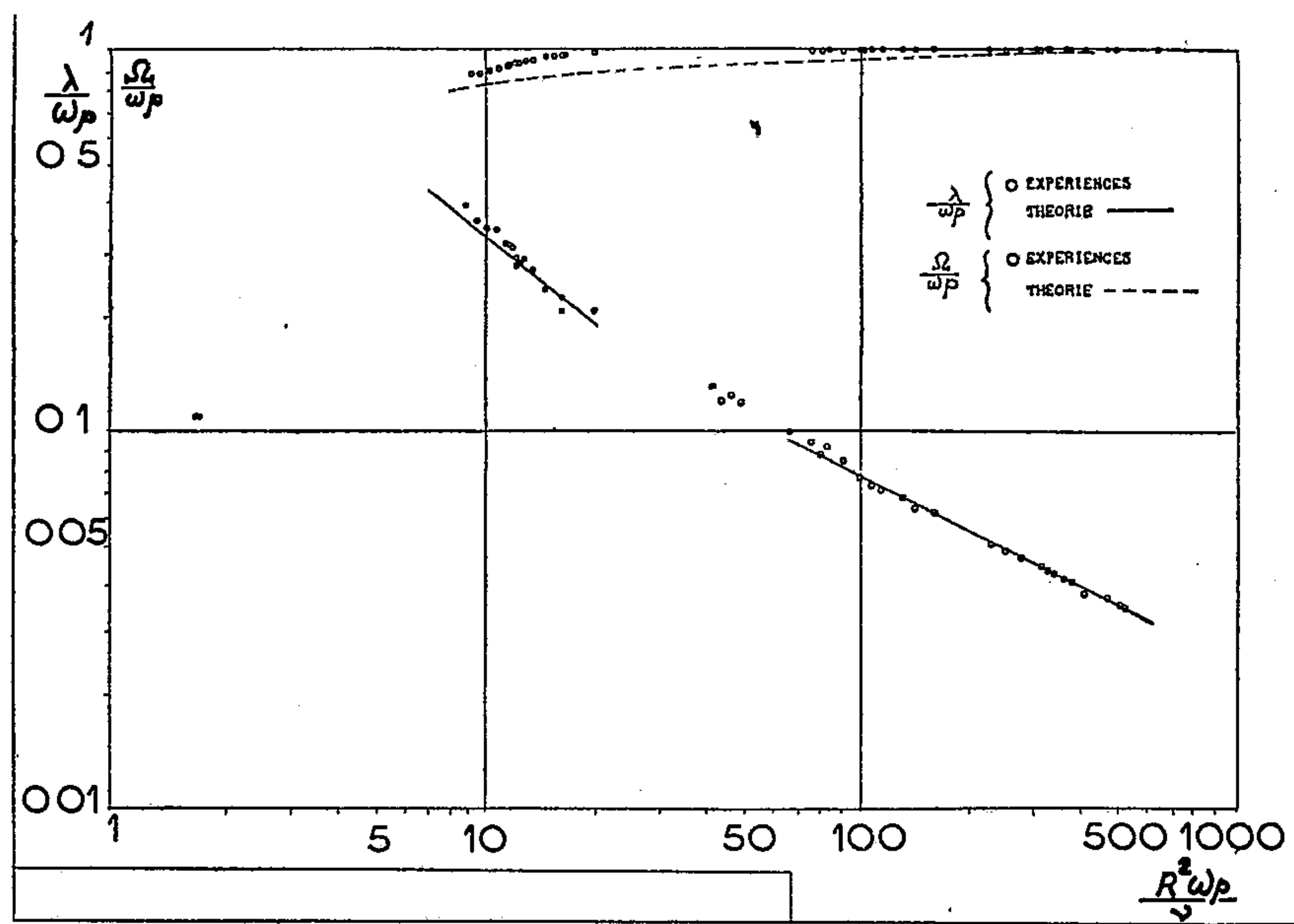
Les résultats de ces expériences sont groupés dans la figure où sont portées en coordonnées logarithmiques les variations de λ/ω_p et Ω/ω_p en fonction de $R^2\omega_p/\nu$, pour $R^2\omega_p/\nu$ compris entre 9 et 500.

([2]) J. G. CHRISTOPHERSON, A. GEMANT, A. HOGG et R. V. SOUTHWELL, *Proc. Roy. Soc.*, London, **168**, 1938, p. 351.

([3]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 105.

([4]) *Publications Sientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, n° **111**.

1° Dans le deuxième régime les valeurs expérimentales de λ/ω_p, correspondant à la limite de λ quand l'amplitude tend vers zéro, se placent très rigoureusement sur une droite confondue avec la droite théorique, y compris celles relatives aux mesures que j'ai effectuées avec une colonne de mercure.



2° Dans le domaine $14,5 < R^2\omega_p/\nu < 20$, les points expérimentaux se placent sur le prolongement de la droite du premier régime, et dans le domaine $40 < R^2\omega_p/\nu < 80$, sur une courbe qui se raccorde bien à la droite du deuxième régime. Cependant λ/ω_p ne dépend pas de l'amplitude lorsque $R^2\omega_p/\nu < 70$.

3° Les valeurs expérimentales de Ω/ω_p sont systématiquement inférieures aux valeurs théoriques déduites de (1). Mais la mesure de la pseudo-période est difficile et peu précise.

4° Le calcul donne pour le début de l'apériodicité $R^2\omega_p/\nu = 3,4$. Les mesures de Menneret, avec 4 liquides différents, conduisent à une valeur de ce paramètre comprise entre 3,9 et 4,2.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le mouvement non stationnaire de deux plaques.* Note (*) de M. **Serge Vladimirsky**, présentée par M. J. Pérès.

Les définitions des intégrales hyperelliptiques telles qu'elles sont données par P. Appell et E. Goursat ([1]) sont susceptibles d'une interprétation hydrodynamique immédiate, concernant les mouvements plans des plaques infini-

(*) Séance du 22 mai 1950.

([1]) *Théorie des fonctions algébriques et de leurs intégrales*, Paris, 1895.

ment minces. Nous nous proposons, en utilisant leurs propriétés, de déterminer les potentiels complexes qui régissent les petites perturbations dans un courant plan, de vitesse U à l'infini, provoquées par les petits mouvements non uniformes, avec formation de sillages tourbillonnaires, de deux plaques AB et CD se faisant suite sur l'axe réel du plan $z=x+iy$; la première occupant le segment $-1, 1$, la seconde α, β. Nous notons s la longueur commune, à l'instant t, de deux sillages d'intensités variables $g(\xi)$ et $h(\xi)$.

1. *Potentiel correspondant aux sillages.* — Le plan z est un feuillet d'une surface de Riemann à deux feuillets de variable analytique (z, u), $u=\sqrt{(z^2-1)(z-\alpha)(z-\beta)}$, les segments $-1, 1$ et α, β étant des lignes de passage et les points $z=-1, 1, \alpha, \beta$ des points de ramification. Le fluide étant au repos à l'infini, le potentiel complexe $w=\varphi+i\psi$ correspondant à un seul tourbillon d'intensité $g(\xi)$ placé au point analytique$[\xi, \eta=\sqrt{(\xi^2-1)(\xi-\alpha)\xi-\beta)}]$ est une intégrale de troisième espèce avec deux points logarithmiques superposés. En conservant les notations du Traité précité, on peut poser

$$w=\frac{1}{2\pi i}g(\xi)\int_{-1}^{z}\frac{\eta\,dz}{(z-\xi)u}+\mu\int_{-1}^{z}\frac{dz}{u}.$$

En lui superposant le potentiel cyclique (intégrale de première espèce la plus générale sur la surface de genre 1)

$$(1)\qquad w_C=C_1\int_{-1}^{z}\frac{z\,dz}{u}+C_2\int_{-1}^{z}\frac{dz}{u},$$

et en déterminant C_1 et C_2 de façon à éviter les vitesses infinies sur les bords de fuite, $z=1$, β, on trouve

$$w+w_C=\frac{1}{2\pi i}g(\xi)\sqrt{\frac{\xi+1}{\xi-1}}\sqrt{\frac{\xi-\alpha}{\xi-\beta}}\int_{-1}^{z}\frac{dz}{z-\xi}\sqrt{\frac{z-1}{z+1}}\sqrt{\frac{z-\beta}{z-\alpha}},$$

d'où, en intégrant, le potentiel complexe correspondant aux deux sillages,

$$(2)\qquad w_S=\frac{1}{2\pi i}\int_{1}^{1+s}g(\xi)\sqrt{\frac{\xi+1}{\xi-1}}\sqrt{\frac{\xi-\alpha}{\xi-\beta}}d\xi\int_{-1}^{z}\frac{dz}{z-\xi}\sqrt{\frac{z-1}{z+1}}\sqrt{\frac{z-\beta}{z-\alpha}}.$$
$$+\frac{1}{2\pi i}\int_{\beta}^{\beta+s}h(\xi)\sqrt{\frac{\xi+1}{\xi-1}}\sqrt{\frac{\xi-\alpha}{\xi-\beta}}d\xi\int_{-1}^{z}\frac{dz}{z-\xi}\sqrt{\frac{z-1}{z+1}}\sqrt{\frac{z-\beta}{z-\alpha}}.$$

2. *Translation verticale.* — Au potentiel acyclique défini, en général, par deux intégrales relatives aux deux infinis dans les deux feuillets,

$$w=(A+Bi)\left[\int_{-1}^{z}\frac{u+z^2Q_1}{2u}dz+\mu\int_{-1}^{z}\frac{dz}{u}\right]+(A-Bi)\left[\int_{-1}^{z}\frac{u-z^2Q_1}{2u}dz-\mu\int_{-1}^{z}\frac{dz}{u}\right],$$

où $Q_1=1-(1/2)(\alpha+\beta)$, nous superposons à nouveau un potentiel cyclique (1)

et déterminons C_1 et C_2 comme ci-dessus. Si les plaques montent avec la vitesse verticale V, on trouve, après superposition,

$$w_T = Vi\int_{-1}^{z}\sqrt{\frac{z-1}{z+1}}\sqrt{\frac{z-\beta}{z-\alpha}}\,dz. \tag{3}$$

3. *Rotation autour du point* O, *milieu de* AB. — Le potentiel acyclique correspondant est une intégrale de deuxième espèce, nulle à l'infini et dont la partie imaginaire sur les plaques est $\psi = -(1/2)\Omega x^2$, Ω étant la vitesse angulaire des plaques. Partout ailleurs il est fini et sa dérivée aux extrémités est infinie d'ordre $1/2$. On a donc

$$w = C\int_{-1}^{z}\frac{uz - z^3 Q_2}{u}\,dz + \mu\int_{-1}^{z}\frac{dz}{u},$$

où

$$Q_2 = 1 + \frac{A_1}{z} + \frac{A^2}{z^2}, \qquad A_1 = -\frac{\alpha+\beta}{2}, \qquad A_2 = -\frac{1}{2}\left[1 + \left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)^2\right].$$

En lui superposant comme ci-dessus un potentiel cyclique (1) et déterminant C d'après les valeurs de ψ sur les plaques, nous obtenons

$$w_R = -i\Omega\int_{-1}^{z}\left\{z - \left(z + 1 + \frac{\beta-\alpha}{2}\right)\sqrt{\frac{z-1}{z+1}}\sqrt{\frac{z-\beta}{z-\alpha}}\right\}dz. \tag{4}$$

4. *Potentiels résultants*. — Les vitesses V et Ω ainsi que les intensités $g(\xi)$ et $h(\xi)$ étant fonctions du temps, on obtient les potentiels résultants en superposant les potentiels précédents (2), (3) et (4). On obtient ainsi, par exemple, les potentiels

$$w' = w_S + w_T \quad \text{et} \quad w'' = w_S + w_R,$$

dans les cas respectifs de la pure translation et de la rotation.

En introduisant la condition que les circulations totales autour des plaques et les sillages correspondants soient nulles, on obtient deux équations intégrales qui permettent de déterminer les fonctions $g(\xi)$ et $h(\xi)$. Dans le cas de la translation on trouve

$$\int_1^{1+s} g_T(\xi)\sqrt{\frac{\xi+1}{\xi-1}}\sqrt{\frac{\xi-\alpha}{\xi-\beta}}F_1(\xi,\alpha,\beta)\,d\xi + \int_\beta^{\beta+s} h_T(\xi)\sqrt{\frac{\xi+1}{\xi-1}}\sqrt{\frac{\xi-\alpha}{\xi-\beta}}F_1(\xi,\alpha,\beta)\,d\xi - 2\pi V F_2(\alpha,\beta) = 0,$$

$$\int_1^{1+s} g_T(\xi)\sqrt{\frac{\xi+1}{\xi-1}}\sqrt{\frac{\xi-\alpha}{\xi-\beta}}\,d\xi + \int_\beta^{\beta+s} h_T(\xi)\sqrt{\frac{\xi+1}{\xi-1}}\sqrt{\frac{\xi-\alpha}{\xi-\beta}}\,d\xi + \pi V(1+\beta-\alpha) = 0;$$

$F_1(\xi,\alpha,\beta)$ et $F_2(\alpha,\beta)$ désignant les modules de périodicité des intégrales qui figurent dans (2) et (3) relatifs aux coupures rendant la surface (z, u) simplement connexe. Dans le cas de la rotation on a deux équations analogues.

AÉRODYNAMIQUE. — *Rayon de courbure minimum au bord d'attaque d'un profil d'aile.* Note (*) de M. **André Papon**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit $z = g(\zeta)$ une transformation qui fait correspondre l'extérieur d'une courbe fermée C_1 du plan ζ à l'extérieur d'un profil d'aile dans le plan z. La transformation possède au moins deux points singuliers où $dz/d\zeta = 0$. L'un de ces points O' est sur la courbe C_1 et l'autre O à l'intérieur de C_1 et à son voisinage immédiat. Comme on le sait l'homologue du point O' sur C_1 est le bord de fuite du profil et la région homologue de C_1 au voisinage du point O est le bord d'attaque.

La construction du point de courbure maximum au bord d'attaque du profil et le calcul du rayon de courbure du profil dans ce point sont possibles à une condition toujours réalisée dans la pratique.

Posant $dz/d\zeta = \alpha e^{i\omega}$, on trouve aisément pour R, rayon de courbure du profil, $R = \alpha\rho/[1 + (d\omega/d\tau)]$ où ρ est le rayon de courbure au point homologue sur C_1 et τ l'inclinaison de la tangente en ce point sur l'axe réel du plan ζ, ρ et R sont comptés algébriquement sur la normale intérieure. Développant $dz/d\zeta$ en série de puissances autour de O, il existe évidemment un domaine D dans lequel z sera calculé avec une approximation suffisante par l'expression

$$z = z_0 + \frac{(\zeta - \zeta_0)^p}{p} \beta e^{i\psi}$$

avec p, β et ψ constants et $1 < p \leqq 2$.

Nous supposons que la courbe C_1 passe dans ce domaine et qu'elle y est donnée par une fonction analytique $r = f(\varphi)$:

$$\zeta - \zeta_0 = re^{i\varphi}$$

alors

$$\rho = \frac{(r^2 + r'^2)^{\frac{3}{2}}}{r^2 + 2r'^2 - rr''} \quad \text{et} \quad R = \frac{r^{(p-1)}\beta\rho\sqrt{r^2 + r'^2}}{(p-1)\rho + \sqrt{r^2 + r'^2}}.$$

Admettons que R passe par un minimum en un point M du profil homologue d'un point M_1 de la courbe C_1 dans le domaine D et remplaçons C_1 autour de M_1 par son cercle osculateur en M_1 on a

$$\frac{dR}{d\varphi} = \frac{(p-1)\, r^{(p-2)}\, r'\beta\rho}{\left[(p-1)\rho + \sqrt{r^2 + r'^2}\right]^2} \left[\sqrt{r^2 + r'^2}\left((p-1)\rho + \sqrt{r^2 + r'^2}\right) + \rho(r^2 + r'^2)^{-\frac{1}{2}}(r^2 + rr'')\right]$$

qui s'annule.

1° Si $\rho = 0$, ce qui n'est jamais le cas pratiquement.

(*) Séance du 15 mai 1950.

2° Si le crochet s'annule, ce qui n'est pas possible puisque C_1 ne passe pas par O.

3° Si $r' = 0$, c'est-à-dire si M_1 est le point de C_1 le plus proche de O.

Il reste à démontrer que R est alors minimum. Nous formons dans un tel point

$$\frac{d^2R}{d\varphi^2} = \frac{(p-1)\, r^{(p-2)}\, r''\beta\rho}{[r+(p-1)\rho]^2}\left[r\left(r+(p-1)\rho\right)+\rho(r+r'')\right].$$

Remarquons que lorsque r est extremum la normale à la courbe passe par O, d'où $\rho^2 = a^2 + r^2 - 2ar\cos(\theta - \varphi)$ et $r''\rho = ar$, où a est la distance de O au centre du cercle osculateur, comptée algébriquement sur la normale intérieure et θ l'angle que fait cette normale avec l'axe réel; donc

$$\frac{d^2R}{d\varphi^2} = \frac{(p^2-1)\, r^p a\beta\rho}{[r+(p-1)\rho]^2},$$

expression qui est positive lorsque M_1 est le point de C_1 le plus proche de O.

En conséquence, le rayon de courbure du profil est minimum au point homologue du point de C_1 le plus rapproché de O et l'expression du rayon de courbure minimum est $R = r^p\beta\rho/[r+(p-1)\rho]$.

HYDRAULIQUE. — *Influence de la durée de manœuvre sur l'amplitude des oscillations dans une chambre d'équilibre à étranglement.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

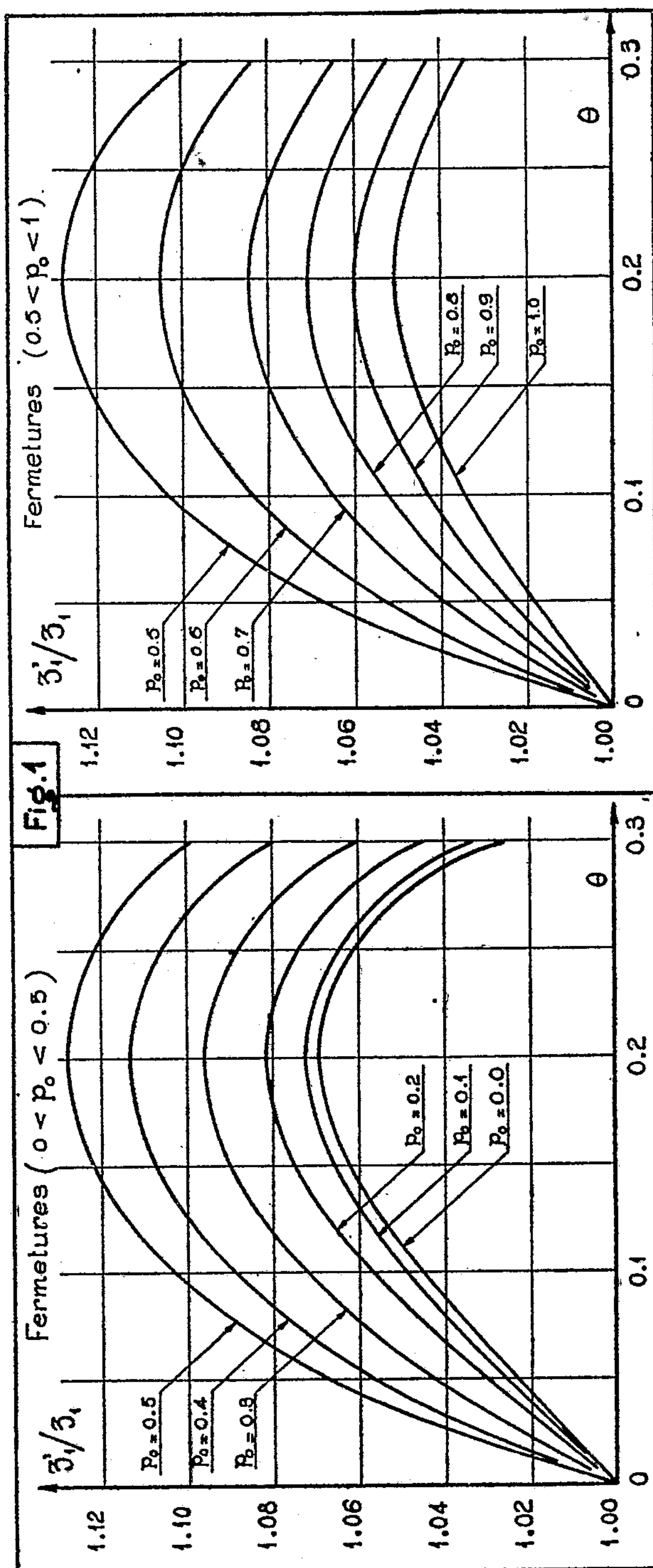
Le calcul des chambres d'équilibre à étranglement, s'effectue souvent en considérant les manœuvres des turbines comme instantanées. Cette Note signale le danger de ce procédé et précise l'influence de la durée de ces manœuvres sur les oscillations.

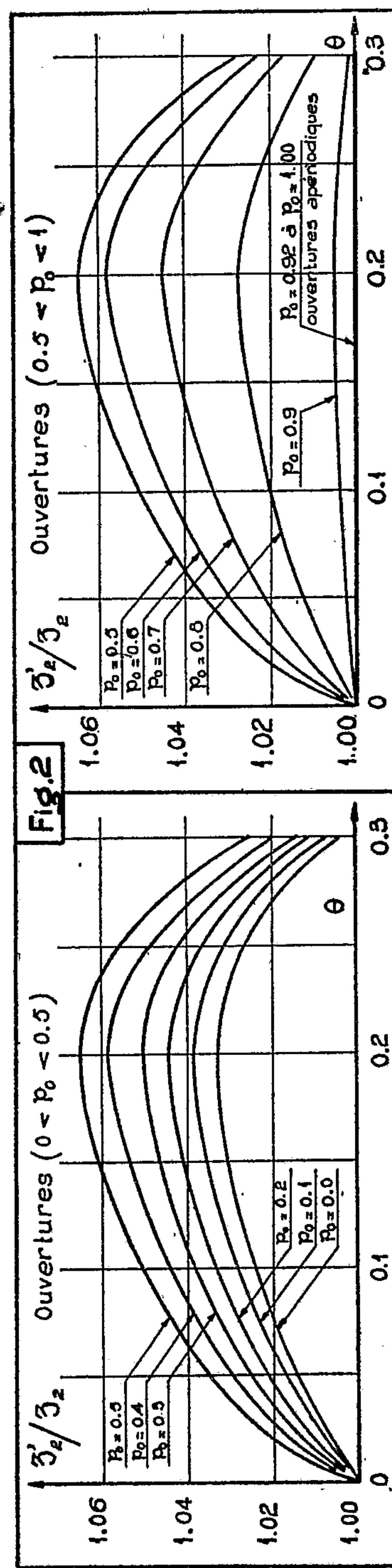
Dans nos recherches antérieures, nous avions montré que, pour les chambres d'équilibre à étranglement, les fermetures ou ouvertures instantanées sont moins dangereuses que les manœuvres d'une certaine durée, contrairement aux hypothèses de calcul généralement admises ([1]). Étant donné que, souvent encore à l'heure actuelle, les Cahiers des Charges ne tiennent pas compte de cet élément essentiel, nous avons jugé utile de le préciser en déterminant l'importance qu'il peut atteindre dans les divers cas susceptibles d'intervenir en pratique : nous résumons dans cette Note les résultats obtenus.

Considérons une cheminée à section constante et à étranglement : soit Q_0 le débit maximum de l'usine, auquel correspondent des pertes de charge relatives p_0, dans le canal d'amenée, et r_0, dans l'étranglement : par hypothèse,

(*) Séance du 22 mai 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 193, et *Recherches sur les cheminées d'équilibre*, Paris, 1943.


Fig.1
Fermetures (0 < p₀ < 0.5)
Fermetures (0.5 < p₀ < 1)
ζ'₁/ζ₁
θ
1.12
1.10
1.08
1.06
1.04
1.02
1.00
0
0.1
0.2
0.3
p₀ = 0.5
p₀ = 0.4
p₀ = 0.3
p₀ = 0.2
p₀ = 0.1
p₀ = 0.0
p₀ = 0.6
p₀ = 0.7
p₀ = 0.8
p₀ = 0.9
p₀ = 1.0


Fig.2
Ouvertures (0 < p₀ < 0.5)
Ouvertures (0.5 < p₀ < 1)
ζ'₂/ζ₂
θ
1.06
1.04
1.02
1.00
0
0.1
0.2
0.3
p₀ = 0.5
p₀ = 0.4
p₀ = 0.3
p₀ = 0.2
p₀ = 0.1
p₀ = 0.0
p₀ = 0.6
p₀ = 0.7
p₀ = 0.8
p₀ = 0.9
p₀ = 0.92 à p₀ = 1.00
ouvertures apériodiques

nous considérons l'étranglement optimum, déterminé par les abaques de Calame et Gaden ([2]), c'est-à-dire l'étranglement qui permet de réduire au minimum la montée du plan d'eau consécutive à un arrêt instantané de Q_0, tout en observant les deux conditions suivantes :

a. La pression maxima dans le canal d'amenée demeure inférieure ou égale à la valeur qu'elle atteint à la fin de la première montée du plan d'eau.

b. La montée du plan d'eau obtenue lors de la fermeture totale instantanée du débit Q_0, est supérieure à celle qu'engendre toute manœvre de fermeture partielle.

Nous avons tout d'abord considéré des fermetures linéaires, de durées relatives θ, et nous avons déterminé, en fonction des divers systèmes de valeurs correspondantes de p_0 et r_0, la montée maxima relative z'_1. La figure 1 donne, sous forme d'abaque, le rapport de z'_1 à la montée relative z_1 consécutive à une fermeture instantanée. On voit que ce rapport, toujours supérieur à l'unité, est maximum et égal à 1,127 pour $p_0 = 0{,}50$ et $\theta = 0{,}20$.

Dans tous les cas, il existe une majoration de la montée du plan d'eau dont il serait dangereux de ne pas tenir compte.

Dans une deuxième série d'études, en conservant toujours les mêmes valeurs de r_0, nous avons comparé les descentes maxima relatives z'_2, consécutives à des ouvertures linéaires, de O à Q_0, de durées relatives θ, aux descentes relatives z_2, consécutives à des ouvertures instantanées. La figure 2 reproduit, sous forme d'abaque, les résultats obtenus; ceux-ci sont tout à fait analogues à ceux qui concernent les fermetures : *les manœuvres d'une certaine durée entraînent un abaissement du plan d'eau supérieur à celui qui résulte d'une manœuvre instantanée.* L'accroissement de la descente, caractérisé par la valeur du rapport z'_2/z_2, est maximum pour les mêmes valeurs $p_0 = 0{,}50$ et $\theta = 0{,}20$ que dans le cas de la fermeture, mais sa valeur n'est plus que 1,065, contre 1,127, pour la fermeture.

Ce qui précède concerne uniquement le cas des cheminées à section constante; nous avons eu l'occasion de constater que, dans le cas de chambres à sections multiples, les coefficients de majoration peuvent dépasser nettement les limites précédentes.

([2]) *Théorie des chambres d'équilibre*, Paris, 1926.

THERMODYNAMIQUE. — *Équilibre thermique d'une plaque poreuse refroidie par injection d'un fluide froid.* Note (*) de M. **Jean Berger**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'auteur apporte ici les éléments essentiels du calcul des températures prises par une plaque poreuse recevant un flux calorifique incident donné et refroidie par injection d'un fluide froid.

Les très hautes températures rencontrées dans le fonctionnement des engins à réaction ont imposé des exigences draconiennes aux matériaux utilisés pour leur construction. La recherche s'est orientée dans deux voies distinctes : d'une part la réalisation de matériaux réfractaires, d'autre part, le refroidissement efficace des parois métalliques.

Le refroidissement par injection pariétale a été proposé par Pol Duwez et H. L. Wheeler en 1944; il consiste à utiliser un matériau poreux et à le refroidir en injectant dans ses pores un fluide froid. Du seul point de vue thermique, deux problèmes distincts se posent : tout d'abord l'équilibre thermique de la paroi poreuse, indépendamment du milieu qui la baigne, ensuite la distribution des températures dans la couche gazeuse formée par le fluide refroidisseur qui vient s'interposer entre la paroi et le milieu chaud.

Nous ne traiterons ici que du premier problème.

Distribution des températures dans la plaque en régime établi. — Considérons une plaque métallique d'épaisseur e percée de trous cylindriques de diamètre d, à raison de n trous par centimètre carré. L'une des faces de la plaque reçoit une densité de flux de chaleur φ, tandis qu'on injecte par l'autre face un gaz froid à température initiale θ_0. Soient T et θ les températures respectives du métal et du gaz dans le plan d'abscisse x. Les fonctions $T(x)$ et $\theta(x)$ sont solutions du système différentiel suivant :

$$(1) \qquad \frac{d\theta}{dx} = k(T-\theta), \qquad \frac{d^2T}{dx^2} = h(T-\theta),$$

k et h étant des paramètres dépendant de la nature du métal, de sa porosité, du diamètre des canaux, de la nature du gaz injecté et de sa vitesse d'écoulement.

Si l'on se donne les conditions aux limites suivantes :

a. température d'entrée du gaz de refroidissement;

b. densité du flux thermique incident;

c. hypothèse que le flux de chaleur sortant par la face $x=0$ de la plaque est rayonné.

On est conduit à la distribution de température suivante :

$$(2) \qquad T(x) = -C_1\left(\frac{k}{r_1} + \frac{r_2}{r_1}e^{r_1 x}\right) - C_2\left(\frac{k}{r_2} + \frac{r_1}{r_2}e^{r_2 x}\right),$$

(*) Séance du 15 mai 1950.

où r_1 et r_2 sont les racines de l'équation

$$r^2 + kr - h = 0 \tag{3}$$

et C_1 et C_2 deux constantes d'intégration déterminées par les conditions aux limites b et c, la première condition fixant en quelque sorte le zéro de l'échelle des températures.

La fonction $\Theta(x)$ est donnée par une équation analogue à l'équation (2).

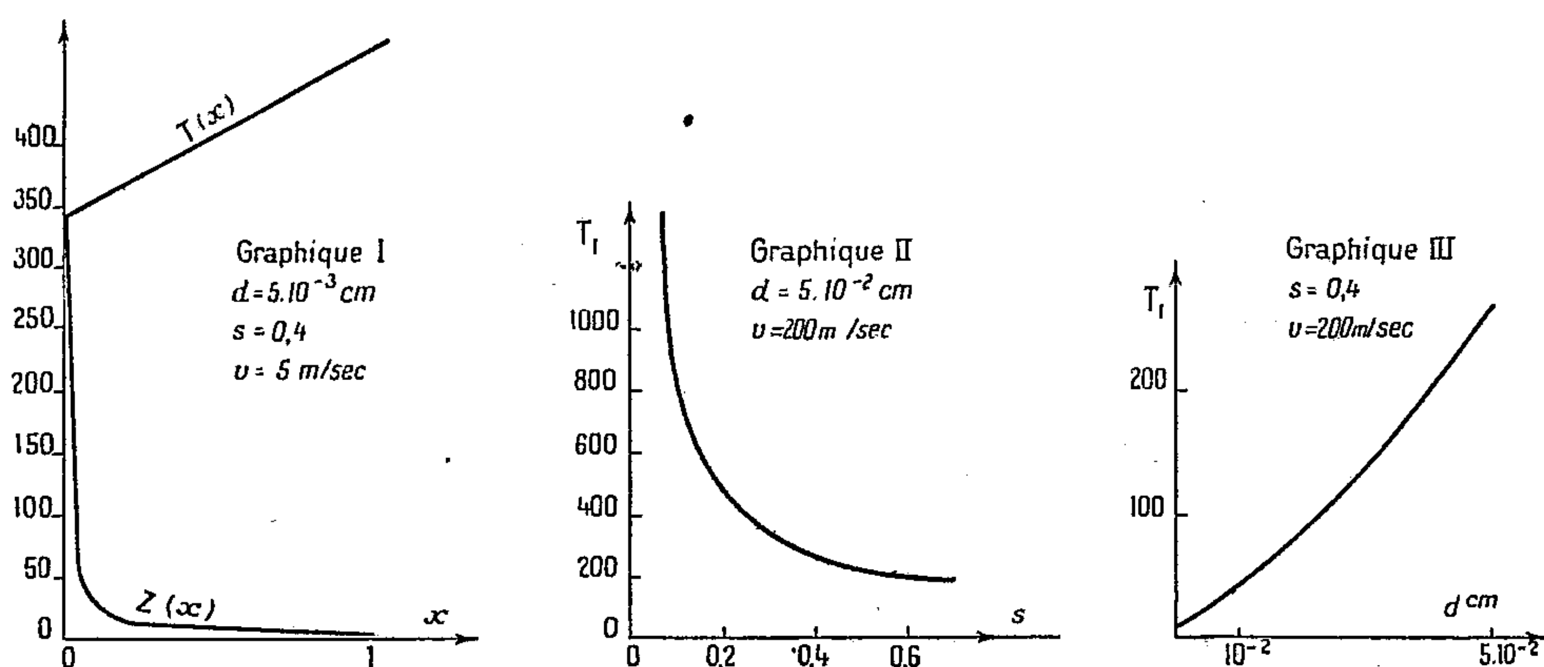
Paramètres fondamentaux. — L'étude systématique de l'influence des différents paramètres sur la répartition des températures a montré que les paramètres fondamentaux étaient : la porosité, le diamètre des canaux et la vitesse d'écoulement du gaz dans les canaux (ou son débit). Les calculs numériques ont été effectués en supposant que la plaque métallique était en cuivre et que le fluide refroidisseur était de l'air à la température initiale de 0°.

Supposant une densité de flux incident 30 cal/cm².sec, une épaisseur de la plaque de 1^{cm}, une porosité 0,4, une vitesse d'écoulement des gaz $v = 5$ m/sec et un diamètre des canaux $d = 5.10^{-3}$ cm, on obtient les équations approchées suivantes :

$$T(x) = 345\,e^{0,340x}, \tag{4}$$

$$Z(x) = T(x) - \Theta(x) = 0,485\,e^{0,340x} + 345\,e^{-243x}. \tag{5}$$

Elles montrent que la distribution des températures dans la plaque se fait selon une loi exponentielle qui, dans l'intervalle de variation de x, se réduit pratiquement à une loi linéaire, et que la température du gaz atteint très rapidement celle du métal (graphique I).



La température maximum T_1 de la plaque décroît rapidement quand la porosité augmente (graphique II), quand le diamètre des canaux décroît (graphique III) ou lorsque la vitesse d'écoulement du gaz croît, tous les autres paramètres restant par ailleurs inchangés. La quantité $Z(x)$ croît avec la

vitesse d'écoulement et tend à devenir constante pour les grandes valeurs de cette vitesse d'écoulement (100 m/sec par exemple).

On peut enfin montrer qu'il existe une épaisseur minimum de la plaque pour laquelle la quasi-totalité du flux de chaleur incident est évacuée par le gaz.

Le calcul du gradient de température longitudinal n'a été abordé que dans le cas d'une répartition linéaire du flux incident parallèlement à la plaque; il montre que le flux de chaleur qui se transmet longitudinalement dans la plaque est loin d'être négligeable; pour la répartition

$$\varphi = 15\left(\frac{y}{l} + 1\right) \quad (\text{cal/cm}^2.\text{sec})$$

(l étant la longueur de la plaque prise ici égale à 10^{cm}), le flux de chaleur transmis a été trouvé égal à 6 cal/cm²/sec.

THÉORIE DE L'ÉLECTRICITÉ. — *Mesure de l'intensité d'un courant avec un ampèremètre à résistance fictive nulle*. Note (*) de M. **Mathias Matschinski**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. On sait que toute mesure est entachée de deux espèces d'erreurs : erreurs liées à la construction de l'appareil de mesure et erreurs susceptibles de se produire à la suite d'une modification du processus à mesurer due à l'introduction de cet appareil. En ce qui concerne les circuits électriques, on sait que lors d'une mesure directe de la tension on observe toujours, même pour des voltmètres à résistance très élevée, une consommation superflue du courant, c'est-à-dire un changement de régime du circuit; d'une manière analogue, lors d'une mesure directe de l'intensité d'un courant, même un ampèremètre à résistance minime accuse une certaine chute de tension, c'est-à-dire qu'il déforme, lui aussi, le processus.

Il peut donc venir à l'esprit, et le fait s'est déjà produit maintes fois dans l'histoire des sciences, d'essayer d'éliminer entièrement non seulement dans la pratique, mais même en principe, cette deuxième espèce d'erreurs.

2. En ce qui concerne la mesure de la tension, ce problème est depuis longtemps résolu par la création d'un schéma de mesure potentiométrique des tension (*fig.* 1).

Il existe des possibilités analogues pour les mesures de l'intensité d'un courant. Un schéma correspondant à ces mesures est représenté dans les grandes lignes à la figure 2. Ce schéma, considéré comme une combinaison de deux résistances et deux sources du courant, est naturellement déjà connu; mais le fait important que la partie encadrée est équivalente à la résistance zéro (sous

(*) Séance du 15 mai 1950.

certaines conditions, *voir* 3°), a échappé jusqu'à présent à l'attention des observateurs et ce schéma, regardé de ce point de vue, n'est jamais cité dans les descriptions des méthodes de mesures électriques. En outre, jusqu'ici, on a eu sur la possibilité même de mesurer l'intensité d'un courant sans le changer des idées complètement fausses. Il n'y a que dans le domaine des mesures de

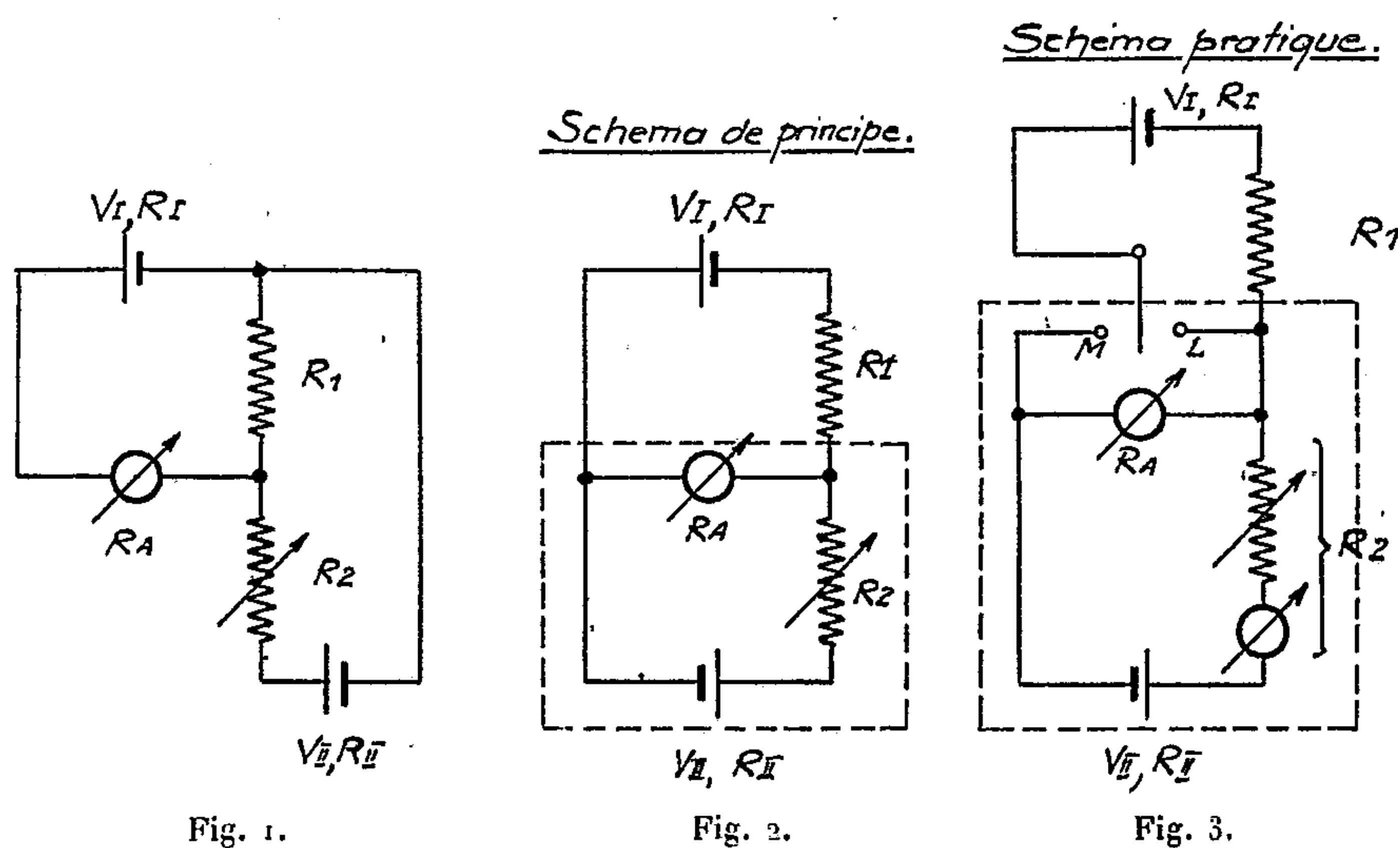


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

perméabilité qu'on pourrait regarder le schéma du perméamètre Iliovici comme un cas concret de notre schéma général (*fig.* 2). Mais le principe même de la mesure potentiométrique du courant n'a pas été énoncé. Comme exemple d'une application purement électrique on peut donner le schéma suivant (*fig.* 3).

Ce schéma est entièrement équivalent au schéma des mesures potentiométriques des tensions : celui-ci mesure les tensions et celui-là les intensités des courants; par ailleurs il garde toutes ses particularités et tous ses avantages. On effectue les mesures en variant R_2 jusqu'à ce qu'on ait amené à zéro l'aiguille du galvanomètre de zéro dans la position M du commutateur. Il est essentiel que cette mesure ne modifie pas l'intensité du courant dans le circuit principal (c'est-à-dire sur la résistance R_1), de même que la mesure potentiométrique des tensions ne modifie pas la tension mesurée. Étant donnée l'importance de cette question, nous l'illustrerons par un calcul.

3. Dans la position L (sans mesure) l'intensité du courant à R_1 est

$$(I) \qquad i_{1L} = i_{\text{sans mesure}} = \frac{V_I}{R_1 + R_I}.$$

En désignant les intensités du courant dans les différentes parties du schéma de la figure 3 à l'aide d'un indice respectif. On a les courants créés par V_I :

$i_{IM} = i_{1M} = V_I \mathcal{D}(R_2 + R_{II} + R_A)$, $i_{AM} = V_I \mathcal{D}(R_2 + R_{II})$, $i_{IIM} = i_{2M} = V_I \mathcal{D} R_A$, et par

V_{II} : $i''_{1M} = i''_{1M} = V_{II}\varpi R_A$, $i''_{AM} = V_{II}\varpi(R_1 + R_I)$, $i''_{IIM} = i''_{2M} = V_{II}\varpi(R_1 + R_I + R_A)$, ou : $1 : \varpi = (R_2 + R_{II})(R_A + R_1 + R_I) + R_A(R_1 + R_I)$.

Ainsi si l'aiguille du galvanomètre est au zéro, on doit avoir

(II$_a$) $$\Delta i_A = i_{AM} - i'_{AM} = 0,$$

et

(II) $$V_I(R_2 + R_{II}) = V_{II}(R_1 + R_I).$$

D'autre part, l'intensité du courant dans le circuit de travail [c'est-à-dire sur R_1] en position M (c'est-à-dire pendant la mesure) sera

(III) $$i_{1M} + i''_{1M} = \varpi[V_I(R_{II} + R_2 + R_A) + V_{II}R_A].$$

Des calculs même élémentaires montrent que les membres de droite de (I) et (III) sont égaux à la condition (II) (l'aiguille du galvanomètre indiquant zéro); d'où l'on a : $i_{1L} = i_{1M} + i''_{1M}$, confirmant ce qui précède.

4. Ainsi, si le schéma de mesure potentiométrique des tensions peut conventionnellement être considéré comme équivalent à l'intercalation d'une résistance infinie, les parties encadrées des figures 2 et 3 peuvent à même titre être considérées comme équivalent à la résistance zéro.

Nous estimons que le schéma ici décrit pourrait trouver des applications techniques très diverses. Outre l'exemple de l'ampèremètre sans résistance que nous venons de donner, nous-même l'avons déjà utilisé aux fins d'étalonnage. On peut également indiquer plusieurs possibilités d'application du principe donné, à savoir : 1° la mesure des courants très faibles; 2° les mesures dans les circuits à résistance très petite; 3° les mesures dans le domaine de la thermo-électricité; 4° toutes les mesures effectuées pendant les processus chimiques, quand le changement du courant change le processus même; 5° les mesures dans les appareils pendant le fonctionnement; 6° enfin toutes les mesures dans des êtres vivants, etc. Toutefois, à notre avis, les considérations ici exposées ne présentent pas seulement une importance technique et appliquée, mais aussi, malgré leur simplicité apparente, une importance théorique.

MAGNÉTISME. — *Sur la décroissance des aimantations thermorémanente et rémanente isotherme des terres cuites par action de champs opposés croissants.* Note de Mlle **Juliette Roquet**, présentée par M. Charles Maurain.

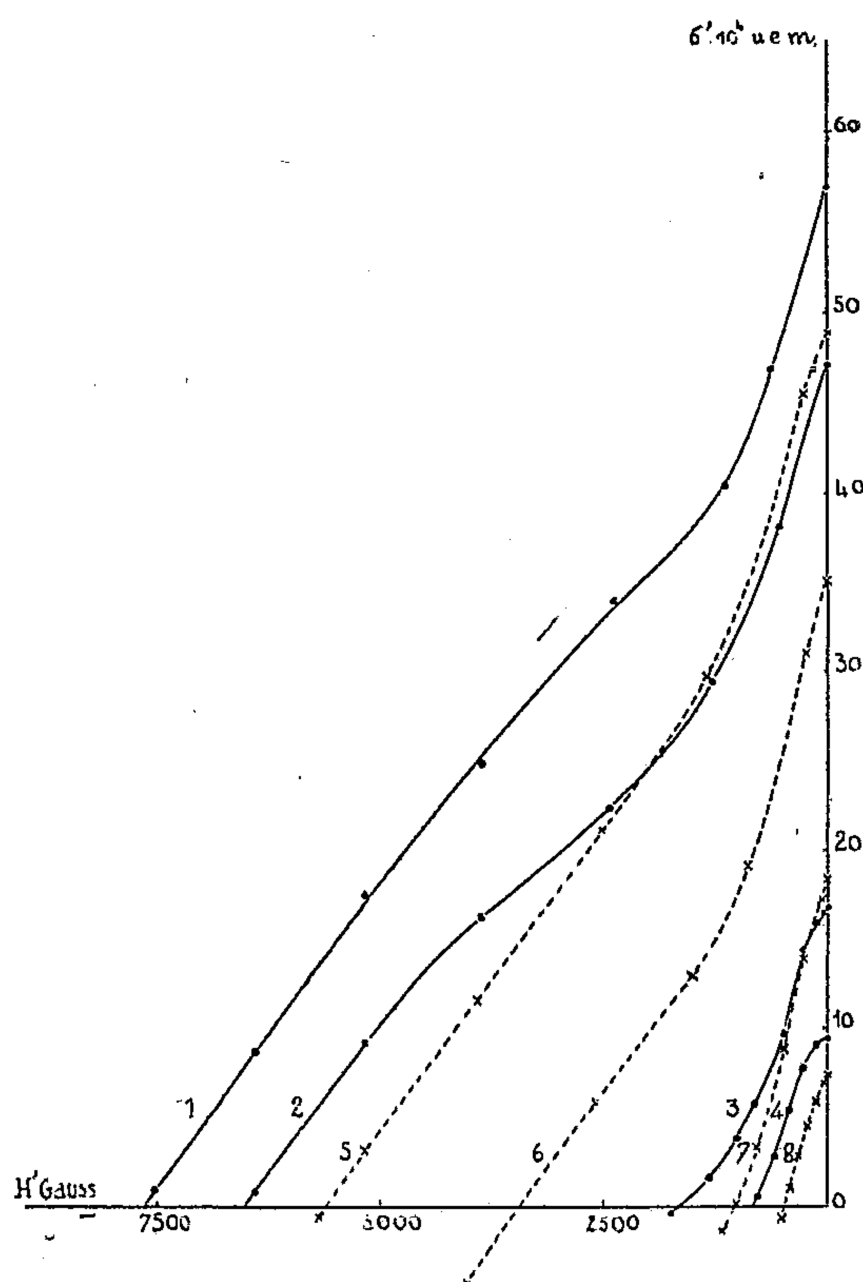
On étudie la décroissance, par action de champs H′ opposés au champ magnétisant initial H, des aimantations thermorémanente et rémanente isotherme d'un cylindre d'argile cuite, déjà étudiées à d'autres points de vue. Les champs H'_0 qui annulent ces aimantations atteignent des valeurs élevées : 7 650 Γ maximum.

L'étude a porté sur un cylindre d'argile cuite, C_{30}, pour lequel j'ai donné déjà les courbes d'aimantation thermorémanente et rémanente isotherme en

fonction du champ magnétisant ([1]) et les courbes de décroissance de ces aimantations par réchauffements à températures croissantes ([2]).

Les mesures sont faites au moyen d'un magnétomètre astatique, l'échantillon étant à la température ordinaire.

Aimantation thermorémanente : A. T. R. — C_{36} portant une A. T. R. : $\sigma_{675,90}$ acquise antérieurement par refroidissement de 675° à 90°, en champ H, est soumis, pendant 1 minute, à la température ordinaire, à un champ H' dirigé en sens inverse de H et son aimantation spécifique restante σ' est mesurée 1 heure 10 minutes après suppression de H'.



L'expérience est répétée pour des valeurs croissantes de H'. Les courbes 1, 2, 3 et 4, en traits pleins, donnent les valeurs de σ' en fonction de H' pour diverses aimantations initiales. Le tableau suivant donne, pour chacune des aimantations initiales $\sigma_{675,90}$, le champ H qui l'a provoquée et le champ H'_0 (sorte de champ coercitif) qui annule l'aimantation rémanente.

$\sigma_{675,90} = 57,0.10^{-4}$ u. e. m.,	champ magnétisant initial	H = 7680 Γ,	H'_0 = 7650 Γ,
$\sigma_{675,90} = 47,0.10^{-4}$ u. e. m.,	»	H = 830 Γ,	H'_0 = 6550 Γ,
$\sigma_{675,90} = 16,7.10^{-4}$ u. e. m.,	»	H = 49 Γ,	H'_0 = 1670 Γ,
$\sigma_{675,90} = 9,4.10^{-4}$ u. e. m.,	»	H = 17 Γ,	H'_0 = 840 Γ,

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1135-1137.
([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 282-285.

Aimantation rémanente isotherme : A. R. I. — C_{36} est soumis, à la température ordinaire, à plusieurs cycles d'aimantation entre les champs $+H$ et $-H$, puis laissé 1 minute dans le champ $+H$. Soit σ_r la valeur de l'A. R. I. ainsi acquise, mesurée encore 1 heure 10 minutes après suppression du champ.

L'échantillon est ensuite placé, pendant 1 minute, dans un champ H' dirigé en sens inverse du champ H ayant agi primitivement. L'A. R. I. spécifique restante : σ' est mesurée 1 heure 10 minutes après suppression de H'. Les courbes 5, 6, 7 et 8, en pointillé, donnent σ' en fonction de H' pour des A. R. I. initiales de diverses valeurs, données comme précédemment dans le tableau suivant :

$\sigma_r = 48,9.10^{-4}$ u. e. m.	obtenue avec	$H = 26\,700\,\Gamma$,	$H'_0 = 5\,620\,\Gamma$,
$\sigma_r = 35,2.10^{-4}$ u. e. m.	»	$H = 10\,240\,\Gamma$,	$H'_0 = 3\,450\,\Gamma$,
$\sigma_r = 18,3.10^{-4}$ u. e. m.	»	$H = 3\,830\,\Gamma$,	$H'_0 = 1\,050\,\Gamma$,
$\sigma_r = 7,4.10^{-4}$ u. e. m.	»	$H = 960\,\Gamma$,	$H'_0 = 470\,\Gamma$.

En examinant les deux réseaux de courbes on voit qu'il y a évolution analogue, pour l'A. T. R. et l'A. R. I., d'un premier type de courbes [courbes 4 (A. T. R.) et 8 (A. R. I.)] correspondant à des aimantations initiales faibles à un autre type de courbes [courbes 1 (A. T. R.) et 5 (A. R. I.)] correspondant à des aimantations initiales fortes.

Deux faits attirent particulièrement l'attention :

1° le parallélisme des courbes 1, 2 et 5, en fin de désaimantation : ce sont des droites de pente $h = 6,8.10^{-7}$ u. e. m. par gauss;

2° les valeurs élevées des H'_0. Ce résultat est à rapprocher de ceux obtenus par divers chercheurs, entre autres : Ch. Guillaud (3), L. Néel (4), R. Chevallier et S. Mathieu (5) qui ont trouvé des champs coercitifs très élevés, plusieurs milliers de gauss, pour des ferromagnétiques en grains fins. H'_0, dans nos expériences, est supérieur au champ coercitif proprement dit, puisqu'il s'agit d'aimantations rémanentes et non d'aimantations mesurées dans le champ. Dans la terre cuite C_{36} il y a d'ailleurs plusieurs constituants ferromagnétiques, en grains dont les grosseurs se répartissent vraisemblablement sur une large échelle.

---

(3) Publications 1939-1949, bibliographie donnée dans *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 818-819.

(4) Publications 1942-1949, bibliographie donnée dans *Annales de Physique*, 4, 1949, p. 249-268.

(5) *Annales de Physique*, 18, 1943, p. 258-288.

OPTIQUE ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — *Un théorème relatif à la réflexion métallique.* Note de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous croyons utile d'indiquer ici un théorème très simple relatif à la réflexion métallique, vitreuse ou totale, que nous n'avons trouvé exposé nulle part.

Théorème. — *Soit une onde plane linéairement polarisée dans le plan d'incidence (indice* $\perp$*) ou normalement à celui-ci (indice* $\|$*) et soient* $r_\perp$ *et* $r_\|$ *les coefficients de réflexion (amplitude réfléchie complexe/amplitude incidente) à là surface de séparation de deux milieux homogènes et isotropes remplissant tout l'espace. Si le premier milieu est transparent, le second étant absorbant ou transparent, mais tous les deux ayant la même perméabilité magnétique, et si l'angle d'incidence dans le premier milieu est* $i=45°$*, on a toujours* $r_\| = r_\perp^2$.

En effet, les formules de Fresnel s'écrivent

$$r_\| = -\frac{\operatorname{tg}(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)}, \qquad r_\perp = \frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)},$$

d'où

$$\frac{r_\|}{r_\perp} = -\frac{\operatorname{tg}(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)}\,\frac{\sin(i+r)}{\sin(i-r)} = -\frac{\cos(i+r)}{\cos(i-r)},$$

et, lorsque $i=45°$,

$$-\frac{\cos(i+r)}{\cos(i-r)} = \frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Il s'ensuit de ce théorème que, si $i=45°$, et pour une même énergie incidente, l'énergie transportée par l'onde réfléchie $\|$ est le carré de l'énergie transportée par l'onde réfléchie $\perp$. D'autre part, et toujours en supposant que $i=45°$, le déphasage subi par l'onde réfléchie $\|$ est le double de celui de l'onde réfléchie $\perp$.

Ce théorème permet de vérifier facilement des calculs numériques. Dans les tables calculées par M. J. Savornin dans sa thèse ([1]), les résultats relatifs à l'acier, au cuivre et à l'or pour $i=45°$ paraissent corrects (sauf en ce qui concerne l'or pour $\lambda = 500^{m\mu}$), mais tous ceux relatifs à l'argent sont erronés (tout au moins pour $i=45°$). Dans un Mémoire de MM. F. Scandone et L. Ballerini ([2]) on trouve les valeurs des facteurs de réflexion pour $i=45°$ données avec quatre chiffres significatifs, ce qui ne correspond pas à la précision des calculs.

Le théorème que nous venons d'indiquer présente aussi un certain intérêt d'ordre pratique. Toutes les fois que l'on mesure sur une substance les facteurs

---

([1]) *Ann. Phys.*, **11**, 1939, p. 223-225.

([2]) *Nuovo Cimento*, 1946.

de réflexion $R_{\parallel} = |r_{\parallel}|^2$ et $R_{\perp} = |r_{\perp}|^2$ ou bien les déphasages par réflexion $\theta_{\parallel}$ et $\theta_{\perp}$ pour une incidence de 45° et que l'on ne trouve pas $R_{\parallel} = R_{\perp}^2$ ou bien $\theta_{\parallel} = 2\theta_{\perp}$, dans la limite de la précision des mesures, on peut affirmer que la théorie qui conduit aux formules de Fresnel ne s'applique pas. Si c'est un métal, on peut supposer, par exemple, qu'il est recouvert d'une pellicule d'oxyde ou bien qu'il est anisotrope.

Du point de vue méthodologique, le théorème précédent montre l'utilité des angles et indices complexes. Nous l'avons démontré aussi directement, sans passer par les formules classiques de Fresnel, mais ceci a nécessité des calculs algébriques beaucoup plus longs.

Remarque. — La relation $r_{\parallel} = r_{\perp}^2$ est liée à la convention de signes que nous adoptons pour $r_{\parallel}$ et $r_{\perp}$. On pourrait, en adoptant une convention différente, telle par exemple que pour $i = 0^\circ$ $r_{\parallel} = r_{\perp}$, trouver la relation $r_{\parallel} = -r_{\perp}^2$. Ceci signifie que la relation existant entre les phases des deux ondes réfléchies n'est définie qu'à π près.

SPECTROSCOPIE. — *Théorie de l'émission du spectre de la molécule* OH *dans le spectre du ciel nocturne*. Note (*) de MM. **David R. Bates** et **M. Nicolet**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Sous l'action de la radiation solaire H_2O est photodissocié jusqu'à des altitudes au-dessous de 70^{km}.

L'action primaire sur H_2O est suivie par toute une série de réactions parmi lesquelles nous retenons comme la plus importante



$$OH + O \rightarrow O_2 + H + 17^{kcal}.$$

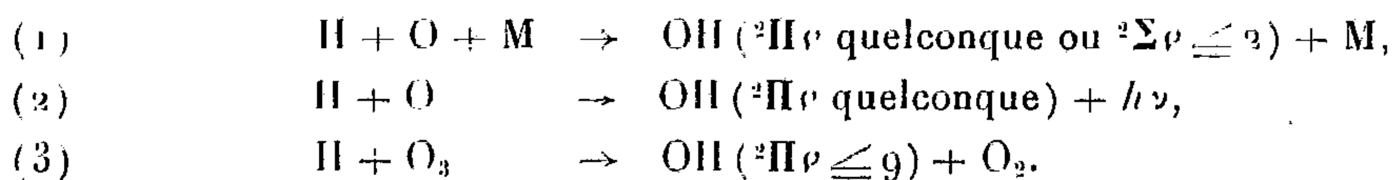
On sait que l'énergie d'activation est très faible. De là, aux basses températures du domaine de l'atmosphère que nous considérons, l'action de cette réaction est très importante et, en conséquence, tout l'hydrogène finit par apparaître sous forme atomique aux hautes altitudes. Celui-ci se maintient sous cette forme malgré l'effet de processus où interviennent les atomes et les composés d'oxygène.

2. Dans les conditions qui viennent d'être définies, la recombinaison de H_2O est limitée par l'effet de réduction des composés de l'hydrogène. Ainsi, nous sommes amenés à considérer une zone de transition située au-dessous de 100^{km} où H_2O, HO_2, OH et H coexistent dans des proportions déterminées, fonctions de la variation de la concentration de O et O_3 avec l'altitude.

3. L'émission des radiations de OH dans le ciel nocturne peut résulter, *a priori* de divers mécanismes parmi lesquels nous retenons les mécanismes par

(*) Séance du 3 mai 1950.

collision triple, par collision double radiative et par collision double non radiative,



(1) $H + O + M \rightarrow OH\,(^2\Pi v \text{ quelconque ou } ^2\Sigma v \leqq 2) + M$,

(2) $H + O \rightarrow OH\,(^2\Pi v \text{ quelconque}) + h\nu$,

(3) $H + O_3 \rightarrow OH\,(^2\Pi v \leqq 9) + O_2$.

Nous donnons aux coefficients de recombinaison les valeurs suivantes : $\alpha_1 = 10^{-32}\,\text{cm}^6\text{-sec}^{-1}$ suffisamment élevée pour favoriser la réaction; $\alpha_2 < 10^{-20}\,\text{cm}^3\text{-sec}^{-1}$ puisque la probabilité n'est pas supérieure à $100\,\text{sec}^{-1}$ et $\alpha_3 = 10^{-14}\,\text{cm}^3\text{-sec}^{-1}$ correspondant à une température de 200°K et une énergie d'activation de 4^{kcal}. Si $N_1^*(OH)$, $N_2^*(OH)$ et $N_3^*(OH)$ représentent respectivement le nombre de molécules excitées respectivement par les trois processus, nous avons

$$(4)\qquad N_1^*(OH) : N_2^*(OH) : N_3(OH) = 10^{-32}N(M) : 10^{-20} : 10^{-14}\frac{N(O_3)}{N(O)}.$$

Dans le domaine atmosphérique où O et O_3 ont à peu près la même concentration (60 à 80^{km}), on voit que l'excitation par l'ozone est prépondérante.

Pour une couche d'épaisseur de 10^{km}, située vers 80^{km}, où la concentration moyenne de O_3 est de l'ordre de $5.10^8\,\text{cm}^{-3}$ et celle de H ne dépasse pas $10^{10}\,\text{cm}^{-3}$, nous obtenons une excitation générale correspondant à 5.10^{10} quanta-$\text{cm}^{-2}\text{-sec}^{-1}$.

Si nous choisissons les valeurs maxima pour favoriser la réaction par triple collision, c'est-à-dire $N(M) = 10^{-14}\,\text{cm}^{-3}$ et $N(O) = 10^{-13}\,\text{cm}^{-3}$, nous obtenons une excitation de 5.10^{10} quanta-$\text{cm}^{-2}\text{-sec}^{-1}$ par une couche de 10^{km} d'épaisseur, située vers 100^{km} et présentant une concentration moyenne $N(H) = 5.10^9$. Cette même couche devrait donner une émission observable (10^8 quanta-$\text{cm}^{-2}\text{-sec}^{-1}$, par exemple) à 3000 Å (excitation électronique) si le coefficient $\alpha_1 = 10^{-34}\,\text{cm}^{-6}\text{-sec}^{-1}$.

Quant à l'excitation par recombinaison radiative, elle est, en tous cas, négligeable.

4. Les résultats théoriques que nous obtenons sont à mettre en parallèle avec les résultats obtenus par l'observation. A. B. Meinel ([1]) a identifié les radiations du ciel nocturne dans le proche infrarouge (et dans le visible) aux bandes de vibration-rotation de OH dont les transitions correspondent à $v \leqq 9$. Les intensités des raies de rotation des bandes (5-1) et (6-2) indiquent ([2]) une température de l'ordre de 200°K. L'intensité globale de l'émission a été déterminée ([3]) grâce à des mesures par cellule couvrant le domaine spectral de 6400 Å à 10 000 Å. Elle correspond à 5.10^{10} quanta-$\text{cm}^{-2}\text{-sec}^{-1}$. D'autre part, l'altitude moyenne de la couche d'émission déterminée par le même procédé ([3])

([1]) Communication privée.

([2]) Communiqué par J. Hunaerts. En réalité 190 et 180°K.

([3]) Communiqué par F. E. Roach, H. Pettit et D. R. Williams.

est égal à 85 ± 15^{km}. Ces divers résultats s'interprètent donc bien dans le cadre de la théorie dont nous venons de donner l'essentiel.

Remarque de M. **Jean Cabannes** *sur la Note précédente.*

Lorsque MM. David R. Bates et M. Nicolet m'ont envoyé cette Note de Pasadena, ils n'avaient pas eu connaissance de la Note à l'Académie des Sciences signée de MM. Jean et Maurice Dufay et de moi-même, le 27 mars 1950.

EFFET RAMAN. — *Mise en évidence par l'effet Raman des germanochlorobromoformes dans une réaction équilibrée du germanochloroforme sur le germanobromoforme.* Note de Mlle **Marie-Louise Delwaulle**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous disposions pour faire cette étude de germanochloroforme contenant de petites quantités de $GeCl_4$ et de germanobromoforme contenant de petites quantités de $GeBr_4$. En mélangeant ces liquides, $GeCl_4$ et $GeBr_4$ échangent en partie leurs halogènes entre eux et même avec ceux des molécules $GeHCl_3$ et $GeHBr_3$, mais ces réactions parasites ne gênent guère, étant donné le faible pourcentage de ces molécules AX_4.

Les spectres des mélanges présentent outre les fréquences des molécules mises en jeu (1), (2) et celles (faibles d'ailleurs) de toute la série des tétrahalogénures mixtes compris entre $GeBr_4$ et $GeCl_4$ (3) des fréquences nouvelles qui s'interprètent facilement en admettant la formation des molécules mixtes $GeHClBr_2$ et $GeHCl_2Br$. De telles molécules sont isolables dans le cas du carbone.

Leur spectre Raman doit comporter neuf fréquences : trois correspondent à la liaison Ge—H dont une raie de valence ν_4 polarisée et deux raies de déformation, l'une polarisée, l'autre dépolarisée. Dans cette région du spectre la présence de molécules tétrahalogénées ne gêne en rien.

Raie ν_4. — Les fréquences ν_4 de $GeHCl_3$ (2159 cm^{-1}) et $GeHBr_3$ (2116) sont suffisamment distinctes pour que la juxtaposition des deux spectres sur un même cliché donne deux raies séparées. Les spectres des mélanges présentent dans cette région une bande irrésoluble fortement polarisée. Le déplacement de cette bande quand on passe des mélanges riches en $GeHCl_3$ à des mélanges riches en $GeHBr_3$ s'interprète facilement par l'existence de deux fréquences intermédiaires entre celles de $GeHCl_3$ et $GeHBr_3$ et caractérisant les molécules mixtes.

Raies δ_4 *et* δ_5. — Les raies $\delta_{4,5}$ de $GeHCl_3$ et $GeHBr_3$ n'empiéteraient pas non plus l'une sur l'autre et sont dépolarisées. Dans les mélanges on observe une

(1) M. L. Delwaulle et F. François, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1007.
(2) M. L. Delwaulle et F. François, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 743.
(3) M. L. Delwaulle et F. François, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1229.

bande irrésoluble partiellement polarisée, ce qui s'explique par l'existence de δ_4 (pol.) et de δ_5 (dépol.) pour $GeHCl_2Br$ et δ_4 (dépol) et δ_5 (pol.) pour $GeHClBr_2$ situées dans l'intervalle des raies $\delta_{4,5}$ des molécules simples.

Les six autres raies correspondent au groupement GeX_2Y : parmi ces raies la fréquence ν_1 doit être forte et presque complétement polarisée. On observe effectivement entre les fréquences ν_1 des molécules $GeHCl_3$ et $GeHBr_3$ deux fréquences 290 et 309 cm^{-1} très polarisées; l'une est surtout intense quand les mélanges sont initialement riches en $GeHBr_3$ c'est donc ν_1 de $GeHClBr_2$; l'autre est pour une raison analogue la raie ν_1 de $GeHCl_2Br$. On relève également d'autres fréquences attribuables soit à l'une, soit à l'autre des molécules; ces fréquences sont, soit bien isolées et faciles à identifier, soit décelées par une perturbation évidente dans la forme ou l'intensité d'une raie d'une des molécules initiales ou d'une raie de chlorobromure.

Modes de vibration (Fréquences en cm^{-1}).

	δ_{12}.	δ_3.	ν_1.	$\nu_{2,3}$.	$\delta_{4,5}$.	ν_4.
$GeHCl_3$......	149 (dépol.)	181 (pol.)	409 ($\rho = 0,05$)	438 (dépol.).	699 (dépol.)	2159 (pol.)
	δ_1. δ_2.			ν_2 (pol.). ν_3 (dépol.).	δ_4 (pol.). δ_5 (dépol.).	
$GeHCl_2Br$....	l'une est 123	167	309 ($\rho = 0,05$)	350 vers 432	entre 680 et 695	vers 2144 (pol.)
$GeHClBr_2$...	l'une est 123	147 (pol.)	290 ($\rho = 0,05$)	vers 320 419	entre 674 et 685	vers 2135 (pol.
				ν_2 (dépol.). ν_3 (pol.).	δ_4 (dépol.). δ_5 (pol.).	
$GeHBr_3$......	95 (dépol.)	128 (pol.)	235 ($\rho = 0,05$)	325 (dépol.)	674 (dépol.)	2116 (pol.)

Le tableau montre l'évolution des fréquences pour la suite des molécules $GeHCl_3$, $GeHCl_2Br$, $GeHClBr_2$, $GeHBr_3$. Il est en tous points comparable à ceux qu'on obtient en comparant les spectres des séries de composés intermédiaires entre $CHCl_3$ et $CHBr_3$, entre $POCl_3$ et $POBr_3$: il démontre pleinement l'existence des molécules mixtes $GeHCl_2Br$ et $GeHClBr_2$.

EFFET RAMAN. — *Attaque d'un silicium très divisé par le gaz bromhydrique. Contribution au spectre Raman du silicibromoforme. Obtention du spectre Raman de* SiH_2Br_2. Note de M. **Félix François** et Mlle **Marie-Berthe Buisset**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un silicium très divisé, obtenu en attaquant de l'alliage alpax par de l'acide chlorhydrique étendu, puis lavé et séché a été ensuite soumis vers 540° à l'action du gaz bromhydrique, lui-même préparé par passage d'hydrogène et de vapeurs de brome dans un tube au rouge. La condensation des vapeurs

d'abord vers 0°, puis vers — 20°, fournit des liquides qui, par distillation fractionnée, séparent en majeure partie du $SiHBr_3$, un peu de $SiBr_4$ et de petites quantités de SiH_2Br_2.

Spectre Raman de $SiHBr_3$ *liquide.* — Le spectre obtenu est en bon accord avec celui déjà décrit [1] en ce qui concerne les fréquences et leur interprétation. Nous n'avons cependant jamais obtenu la raie 999 antérieurement signalée.

Mais grâce à un spectrographe très dispersif nous avons pu mettre en évidence un dédoublement de raie explicable par la théorie de Fermi. Au lieu de $\nu_{2,3}$ 470 cm^{-1} antérieurement noté [1], nous observons le dédoublement 466 cm^{-1}, 480 cm^{-1} explicable par le couplage

$$\delta_{1,2}\ 111\,(\text{dépol.}) + \nu_1\ 359\,(\text{pol.}) = 470\,(\text{dépol.}).$$

Nous avons en outre déterminé l'état de dépolarisation des raies.

Modes de vibration (Fréquences en cm^{-1}).

	$\delta_{1,2}$.	δ_3.	ν_1.	$\nu_{2,3}$.	
CH Br$_3$	154 (dépol.)	222 (pol.)	539 (pol.)	655 (dépol.)	-
		$\delta_{4,5}$.		ν_4.	
CH Br$_3$	-	1144 (dépol.)	-	3018 (pol.)	-
	δ_1.		ν_1.	ν_2.	δ_5.
CH$_2$ Br$_2$	174 (pol.)	-	576 (pol.)	639 (dépol.)	810 (dépol.)
	δ_2.	δ_4.	δ_3.	ν_4.	ν_3.
CH$_2$ Br$_2$	1092 (dépol.)	1191 (dépol.)	1390 (pol.)	2988 (pol.)	3060 (dépol.)
	$\delta_{1,2}$.	δ_3.	ν_1.	$\nu_{2,3}$.	
Si H Br$_3$ (*)	111	169	358	466-480	-
(*) I	20	10	10	f	-
(*) ρ	6/7	0,3	0,05	6/7	-
(1)	115	166	362	470	-
		$\delta_{4,5}$.		ν_4.	
Si H Br$_3$ (*)	-	764	-	2232	
(*) I	-	f	-	F	
(*) ρ	-	6/7	-	0,1	-
(1)	-	770	-	2236	
	δ_1.		ν_1.	ν_2.	δ_5.
Si H$_2$ Br$_2$	122	-	393	456	688
I	M	-	F	f	f
ρ	0,5	-	0,05	dépol.	dépol.
	δ_2.	δ_4.	δ_3.	ν_4.	ν_3.
Si H$_2$ Br$_2$	761	828	925	2206	2232
I	ff	ff	f	F	f
ρ	dépol.	dépol.	dépol.	0,05	dépol.

(*) Nos déterminations.

[1] DELFOSSE et GOOVAERTS, *Bull. classe Sc. Acad. roy. Belg.*, 21, 1935, p. 410.

Spectre Raman de SiH_2Br_2 *liquide.* — On observe bien pour cette molécule tétraédrique les neuf fréquences prévues qui se classent comme celles de la molécule de même type CH_2Br_2.

On peut y considérer les deux groupements angulaires $Si\langle^{Br}_{Br}$ et $Si\langle^{H}_{H}$ qui doivent tous deux se caractériser par deux fréquences de valence, l'une polarisée, l'autre dépolarisée et par une fréquence de déformation polarisée.

Pour $Si\langle^{Br}_{Br}$ les fréquences de valence sont ν_1 393 (pol.) ν_2 456 (dépol.) et la fréquence de déformation δ_1 122 (pol.).

Pour $Si\langle^{H}_{H}$ les fréquences de valence s'identifient très facilement et sont ν_4 2206 (pol.), ν_3 2232 (dépol.). Par contre, nous n'avons pas pu identifier parmi les fréquences restantes une raie qui soit nettement polarisée. Par analogie avec celles de CH_2Br_2 nous pensons que la fréquence correspondante est δ_3 926.

L'attribution des fréquences δ_2, δ_4 et δ_5 est difficile et ne serait faite avec certitude qu'en suivant leur évolution dans la suite des spectres de SiH_2Cl_2, SiH_2ClBr, SiH_2Br_2 que nous nous proposons de réaliser.

Il est intéressant de noter l'analogie étroite des groupements $Si\langle^{H}_{H}$ et $C\langle^{H}_{H}$.

Les deux fréquences ν_3 et ν_4 fournissent une valeur approchée de l'angle $Si\langle^{H}_{H}$ par

$$\cos\alpha = \frac{M+m}{m}\,\frac{n_4^2-n_3^2}{n_4^2+n_3^2}, \qquad \text{avec} \quad n^2 = 5{,}863.10^{-2}\,\omega^2,$$

où $\omega_4 = 2206\ \text{cm}^{-1}$ et $\omega_3 = 2232\ \text{cm}^{-1}$. On trouve $\alpha \approx 110°$, ce qui par

$$n_3^2 = \frac{f}{m}\left(1 + \frac{2m}{M}\sin^2\frac{\alpha}{2}\right)$$

donnerait pour la constante de force $f = 2{,}85.10^5$ dynes/cm (pour Si—H dans $SiHBr_3$, on trouve $f = 2{,}82.10^5$ dynes/cm).

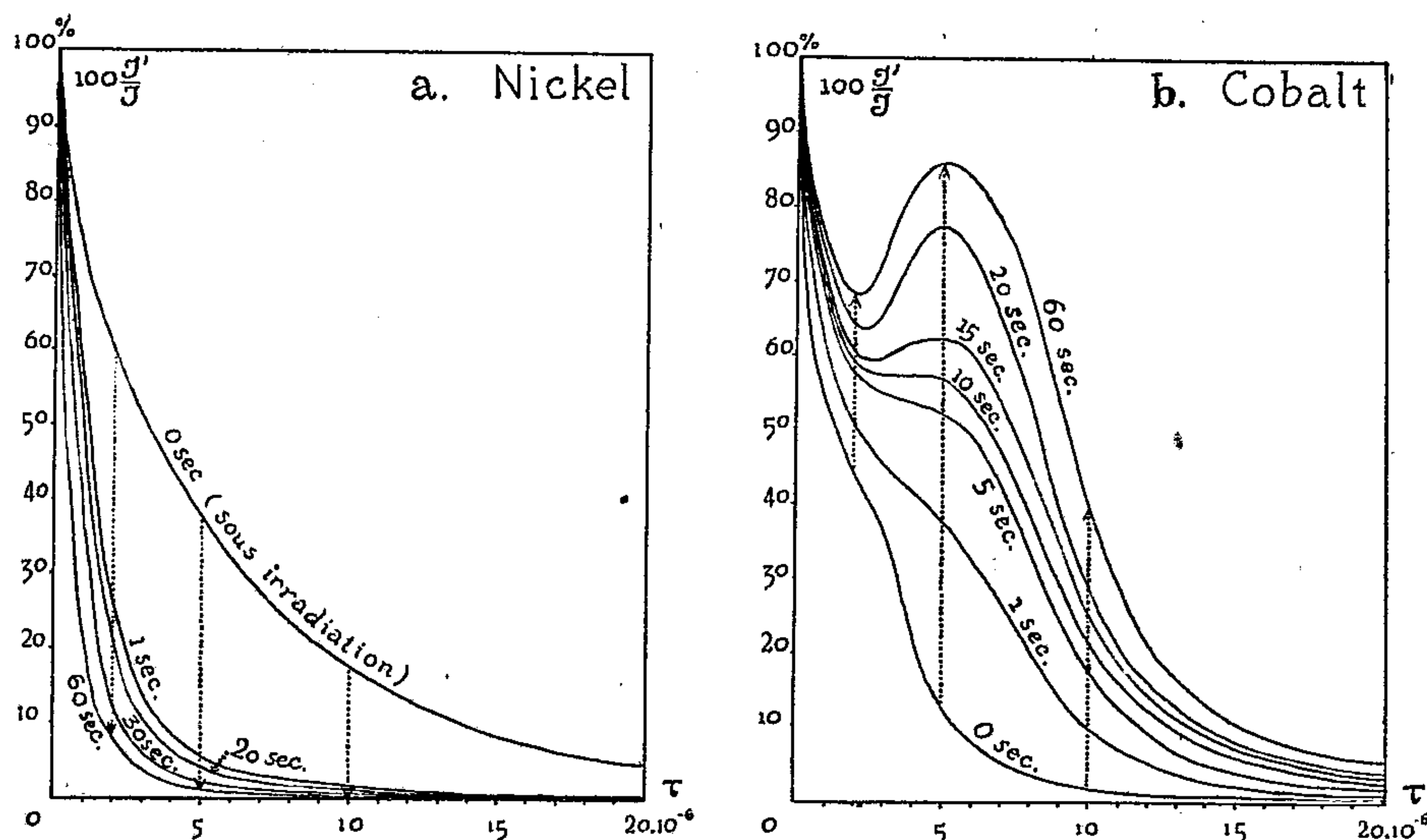
PHOSPHORESCENCE. — *Comparaison des actions extinctrices du nickel et du cobalt sur le sulfure de zinc luminescent.* Note de MM. **Jean Saddy** et **Noubar Arpiarian**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que Ni, Co, Fe agissent comme extincteurs de la luminescence de ZnS. Cet effet doit être attribué à des transferts d'activation des centres luminescents, à base Cu ou Ag, vers les centres perturbateurs non luminescents [1].

[1] M. Curie et J. Saddy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2040 et J. Saddy, *Thèse*, Paris, 1946.

Levy et West [2] ont comparé les actions de ces extincteurs sur le ZnS(Ag) excité par les rayons X. Ils cherchaient, en vue d'applications radioscopiques, à réduire le plus possible la luminescence durable, tout en affectant le moins possible la luminescence brève. Seul Ni, à l'un des deux titres étudiés ($\tau = 0,5.10^{-6}$ g de Ni par gramme de sulfure), leur donnait le résultat escompté.

Cet effet extincteur semblant pouvoir servir de test à des théories récentes, nous avons entrepris une étude portant sur ZnS (Cu) (titre en Cu : 7.10^{-5}) additionné d'extincteur en proportion variable (titres 1/2, 1, 2, 5, 10, 20.10^{-6}). Le produit était longuement excité à l'ultraviolet (3600 Å), et la luminescence mesurée avec un nitomètre optique.



Courbes isochrones du pourcentage de luminescence subsistant en fonction du titre en métal extincteur, à divers instants du déclin,

Désignons par $\mathcal{J}(t)$ l'intensité de luminescence du ZnS(Cu) *pur* à l'instant t du déclin, et par $\mathcal{J}'(t)$ l'intensité de luminescence du produit avec extincteur. $\mathcal{J}(0)$ et $\mathcal{J}'(0)$ sont les intensités sous excitation. Portons en abscisses les titres τ en métal extincteur et en ordonnées les rapports $100\,\mathcal{J}'/\mathcal{J}$. A chaque instant t du déclin correspond une courbe *isochrone*, qui représente le pourcentage de luminescence subsistant en fonction de la teneur en extincteur. L'examen des figures 1*a* et 1*b*, contenant une partie des résultats, amène aux conclusions suivantes :

1. L'isochrone 0 de Ni est au-dessus de l'isochrone 0 de Co : à titres égaux, Ni éteint moins que Co la luminescence sous excitation.

2. Toutes les autres isochrones de Ni sont au-dessous des isochrones

(2) Voir *Luminescence, a general discussion*, Londres, 1938, p. 128-134.

correspondantes de Co : à titres égaux, et à chaque instant, Ni éteint plus la luminescence durable que Co.

3. Lorsque, pour un même titre d'un même extincteur, on passe d'une isochrone t à une isochrone $t' > t$ (flèches verticales), on constate que les effets produits par Ni et Co sur la valeur du rapport $\mathcal{I}'/\mathcal{I}$ sont de sens contraires. Pour Ni, ce rapport diminue : l'effet extincteur augmente avec le temps. Pour Co, c'est l'inverse. Ceci peut s'interpréter pour Ni en admettant que l'action extinctrice croît avec le temps offert pour le transfert d'activation [hypothèse de transfert par migration des trous, de Klasens et Schön ([3])]. Mais pour Co, il y a désaccord avec les faits; d'autres phénomènes se superposent peut-être.

Une explication plus simple serait la suivante : les centres Ni se désactiveraient, après transfert, plus rapidement que les centres Cu excités, et pourraient servir à nouveau d'extincteurs; la proportion des centres Ni par rapport aux centres Cu excités croîtrait ainsi avec t. Au contraire, la durée de vie dans l'état excité serait plus longue pour les centres Co que pour les centres Cu, et la proportion de centres extincteurs Co disponibles par rapport aux centres Cu excités décroîtrait au cours du déclin.

4. Alors que les isochrones de Ni présentent une décroissance régulière, celles de Co offrent un aspect très particulier : il existe un titre, voisin de 5.10^{-6}, pour lequel l'intensité de luminescence durable tend à se rapprocher de celle du produit sans extincteur.

5. Pour Ni, l'effet d'extinction préférentiel sur la luminescence durable est maximum, à 60 secondes, pour $\tau = 1,75.10^{-6}$ (Levy et West : $0,5.10^{-6}$). Pour Co, l'effet inverse maximum a lieu pour $\tau = 5,5.10^{-6}$.

Il existe donc des différences essentielles entre les actions du nickel et du cobalt. Quant à celle du fer, elle nous a paru plus complexe et digne d'une étude spéciale.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'arrangement des ions oxygène et manganèse dans le bioxyde de manganèse.* Note de M. **Jean Brenet**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'arrangement des ions manganèse et oxygène dans le bioxyde de manganèse tel qu'il a été admis jusqu'ici nous a conduit à envisager une polarisation de cet ion. La grandeur de cette polarisation permet alors d'interpréter l'existence de propriétés catalytiques et dépolarisantes plus ou moins accentuée suivant les bioxydes.

L'arrangement des atomes de manganèse et d'oxygène dans la maille élémentaire de MnO_2 quadratique peut être aisément déterminé à partir des

([3]) *Voir* Kröger, *Some aspects of the Luminescence of Solids*, Amsterdam, 1948, p. 224.

intensités des anneaux de diffraction des diagrammes de Debye. Cette détermination a déjà fait l'objet de nombreux travaux. Nous avons été amené à reprendre ce problème en vue de préciser plus particulièrement les positions respectives des ions oxygène. Ces positions peuvent en effet être en relation avec d'importantes variations dans les propriétés catalytiques et dépolarisantes du bioxyde.

On sait que dans la pyrolusite quadratique, les ions Mn_4^+ sont hexacoordinés et les ions O^{--} tricoordinés. En considérant d'une part les paramètres $a = 4,395^\circ$ Å et $c = 2,86^\circ$ Å d'une pyrolusite pure et d'autre part les facteurs de structure des différents systèmes de plans réticulaires, il est possible de déterminer le paramètre u fixant la position de chaque ion oxygène par rapport aux ions manganèse.

La valeur de ce paramètre u qui donne un accord satisfaisant entre les intensités calculées et observées des anneaux de diffraction est légèrement supérieure à la valeur de 0,30. Une valeur, même légèrement plus faible, $u = 0,29$ entraînerait un désaccord complet entre intensités calculées et observées, particulièrement pour les anneaux (220) et (111). La valeur indiquée par Wyckoff [1] $u = 0,31$ doit être considérée comme très satisfaisante et nous l'avons confirmée.

Dans ces conditions, si nous calculons les distances, soit entre chaque ion manganèse et les six ions oxygène qui l'entourent, soit entre chaque ion oxygène et les trois ions manganèse qui l'entourent, on trouve une distance égale à $1,882^\circ$ Å parfaitement compatible avec la somme des rayons ioniques de Mn_4^+ et O^{--} admis aujourd'hui.

Si nous considérons ensuite les distances entre deux ions oxygènes voisins, nous obtenons deux valeurs suivant les positions relatives des oxygènes dans la maille. La première valeur est de $2,66^\circ$ Å et elle est encore compatible avec le rayon ionique habituel de O^{--}. La seconde valeur trouvée de $2,45^\circ$ Å, est par contre absolument incompatible avec le rayon ionique de O^{--} admis. En outre cette distance $2,45^\circ$ Å est inférieure à la plus courte distance entre oxygènes enregistrées jusqu'ici dans certains composés.

Cependant cette même valeur 2,45 Å ne peut être réfutée car elle correspond à la distance existant entre deux oxygènes liés à deux ions Mn, situés aux extrémités d'une diagonale du carré de base de la maille élémentaire quadratique.

Ce fait n'a jamais été signalé jusqu'ici, mais doit être retenu dès maintenant. En effet la valeur du paramètre $u = 0,31$ ne peut être modifiée pour respecter l'accord entre intensités calculées et observées sur les diagrammes X. Nous sommes alors conduit à envisager une polarisation accentuée pour l'ion

---

(1) *Crystal structure Section I* (*Interscienses publishers*, London, 1948).

oxygène pour permettre de construire complètement la structure du cristal de bioxyde. L'ion oxygène peut alors être conçu comme ayant une forme ellipsoïdale, avec un petit axe égal à 1,225 Å dirigé suivant l'axe cristallographique [110].

Dans ces conditions la distance Mn-O égale à 1,88 Å ne représente plus la somme du rayon Mn_4^+ et du petit axe de l'ion O^{--}, mais elle lui est supérieure de 0,18 Å.

Ce fait revêt une grande importance car il permet :

1° de concevoir les possibilités d'existence de distorsions de réseau, de relâchement dans les liaisons chimiques entre manganèse et oxygène, d'existence de lacunes et d'insertions déjà mentionnées ailleurs (2) et enfin de diminution de l'énergie réticulaire, donc de la stabilité des cristaux de bioxyde;

2° de penser que les surfaces d'isodensité électronique dans le réseau sont déformées et qu'il apparaît des zones où le gradient de potentiel est plus élevé. Ces zones correspondraient à une activité catalytique plus grande et pourraient être identifiées avec les centres actifs souvent mentionnés en catalyse.

En outre ces derniers phénomènes ainsi d'ailleurs que la polarisation de l'ion oxygène, sont encore plus marqués dans le cas des bioxydes activés. Pour ces derniers en effet le paramètre u prend la valeur 0,25, ce qui conduit à la diminution de la distance manganèse-oxygène de 1,88 à 1,55 Å que nous avions indiquée précédemment (3).

Enfin ces résultats sont compatibles avec les variations de paramagnétisme enregistrées sur les bioxydes activés (4).

Nous voyons donc bien s'établir un parallélisme entre l'exaltation des propriétés catalytiques et dépolarisantes du bioxyde de manganèse et l'accroissement des possibilités de relâchement des liaisons chimiques, d'existence de lacunes et insertions dans le réseau, accroissement résultant lui-même de la polarisation plus ou moins accentuée de l'ion oxygène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Fluctuations des densités des liquides sous l'action des rayons* β *et* γ *du radium.* Note (*) de MM. **Georges Antonoff** et **Alexis Yakimac**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Une préparation de 145^{mg} de radium (1), scellée dans un tube de verre de $0^{mm},027$ d'épaisseur, a été placée dans un liquide contenu dans une bouteille

(2) J. Brenet et N. Busquère, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1763.

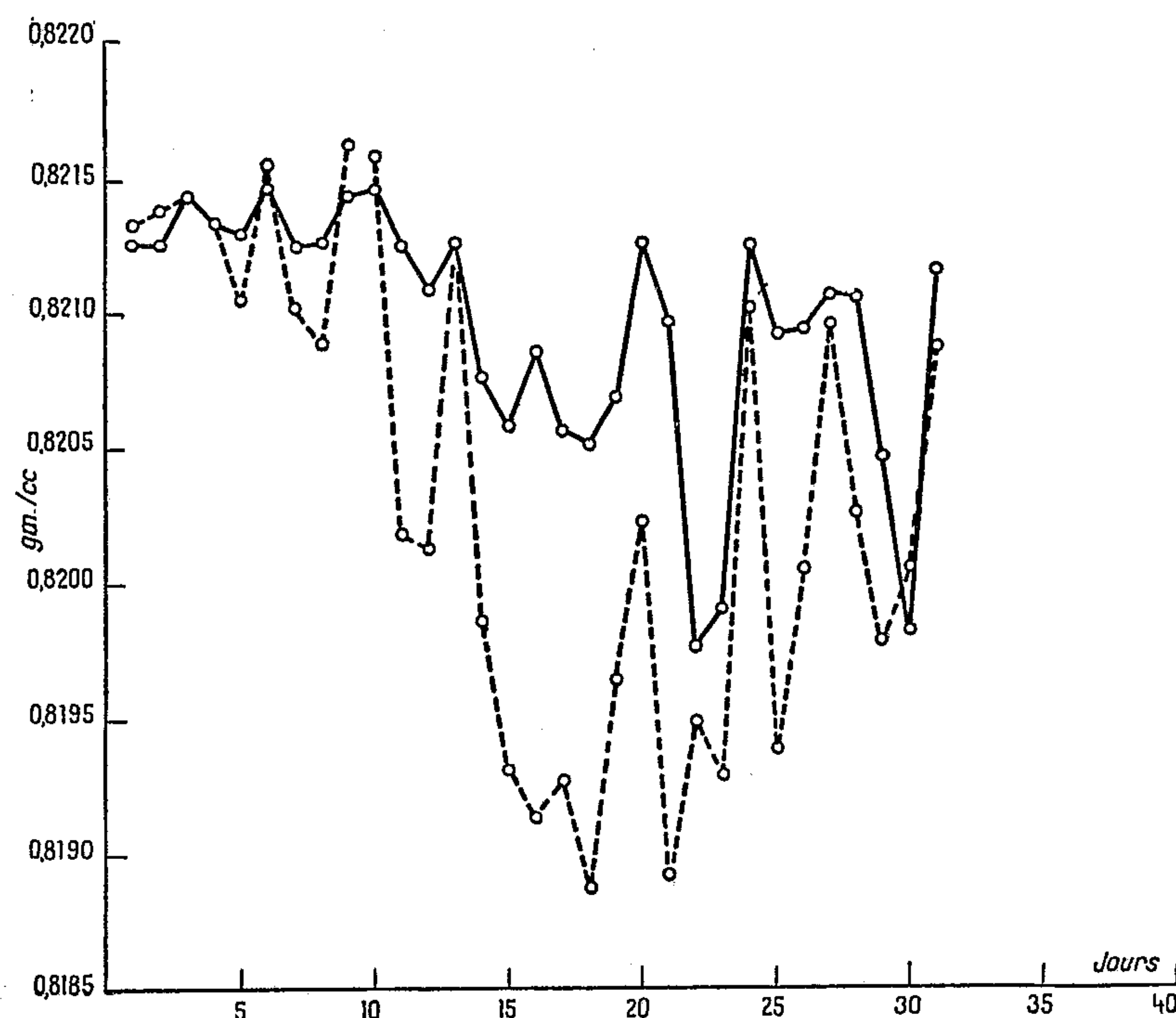
(3) J. Brenet et H. Héraud, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 413.

(4) J. Amiel, J. Brenet et G. Rodier, *Colloque International. Polarisation de la matière*. Paris, 1948.

(*) Séance du 22 mai 1950.

(1) G. Antonoff, A. Yakimac et al., *Bull. Amer. Phys. Soc.*, Déc. 1947.

immergée dans un thermostat. Des portions de ce liquide ont été prises à différents intervalles au moyen d'une aiguille hypodermique et transférées dans un pycnomètre de 25$^{cm^3}$, qui fut pesé sur une balance analytique de précision. Le liquide fut alors transféré à nouveau dans la bouteille. La densité a diminué au bout d'environ 5 jours, puis a augmenté à nouveau, comme le montre le graphique suivant. Dans les expériences avec l'eau distillée, des fluctuations ont été observées, mais elles étaient trop petites pour rendre l'expérience convaincante. Des expériences avec des solutions d'alcools ont démontré que l'intensité de l'effet augmentait avec la masse de la chaîne organique. La courbe donnée montre les fluctuations dans des solutions d'alcool



isoamylique où elles atteignent la troisième ou même la deuxième décimale. Ceci est bien au-dessus des limites d'erreurs expérimentales, vu que les densités peuvent être facilement mesurées avec six décimales. La courbe pointillée fut obtenue quand la préparation de radium a été recouverte de 5^{cm} de plomb et placée à 1^{m},50 du liquide, il ne peut alors s'agir que de rayons γ, l'amplitude des fluctuations est même plus grande, mais elle est probablement due à des effets secondaires. Cet effet, bien qu'inexplicable suivant la conception habituelle des liquides, s'adapte parfaitement bien à la théorie de l'auteur sur les agrégats ([2]).

([2]) G. ANTONOFF, *Colloid Chemistry, Theorical and Applied*, 7, N. Y., 1950.

CHIMIE MINÉRALE. — *De l'existence d'un azéotrope graphite-sulfure de manganèse. I. Dépolymérisation et ionisation du carbone.* Note de MM. **Marius Picon** et **Jean Flahaut**, présentée par M. Paul Lebeau.

Sous une pression de 1/100 de millimètre, SMn et le graphite se subliment dès 1375°. Le carbone ainsi volatilisé à 900° au-dessous de sa température normale de sublimation fournit avec SMn le premier exemple d'un azéotrope constitué entre corps sublimables. La température, lorsqu'elle augmente, paraît diminuer la proportion de carbone entraîné. Le graphite se dépolymérise dans cette action et s'ionise. A 1560°, une pression inférieure à 10^{mm} est nécessaire.

L'un de nous a constaté en 1927 que SMn se volatilisait dès 1375° dans un four à résistance de graphite sous une pression voisine de 1/100 de millimètre de mercure et qu'il entraînait une proportion de graphite pouvant dépasser 14 % du poids du distillat. A la même pression, la température de sublimation du graphite pur est cependant de 2300°.

En reprenant ces expériences, nous avons à nouveau constaté qu'aucun phénomène de dissociation du sulfure ou d'attaque de celui-ci par le graphite ne pouvait être décelé. Dans une nacelle de graphite, à 1620°, SMn fond sans dissoudre de carbone.

Les produits de distillation sont constitués dans les parties condensées les plus chaudes, par du sulfure vert cristallisé sans graphite, formant un enduit compact. Dans les parties plus froides, vers 1100°, un composé plus volatil se rassemble sous forme d'un enduit noir adhérent à la paroi et surmonté d'une masse noire feutrée qui envahit petit à petit l'intérieur du tube et se détache très facilement.

L'analyse chimique et le spectre de rayons X montrent que le sulfure vert est SMn pur (S, 36,2 % ; Mn, 63,9 % ; maille cubique avec $a = 5,225$ Å). Le produit noir contient du sulfure de manganèse et du carbone. (S, 36,84 %; Mn, 63,4 % ; maille cubique avec $a = 5,223 \pm 0,005$. Les raies du graphite n'apparaissent qu'après dissolution d'une partie de SMn par ClH, Br et eau à chaud. On obtient $a = 2,45$ — $c = 6,7$. Pas de raies étrangères à SMn et C).

Aucune action chimique ne pouvant être ici mise en évidence, l'abaissement de plus de 900° sur la température observée de sublimation du graphite peut être rapporté à un phénomène d'azéotropie consécutif à une dépolymérisation du graphite.

Pour déceler cette dernière transformation, nous avons effectué la spectrographie et l'électrolyse des vapeurs. La faible concentration de ces vapeurs ne nous a pas permis d'observer une absorption des radiations ultraviolettes.

Pour l'électrolyse, nous avons disposé, à l'une des extrémités du tube de chauffe, deux électrodes plates de graphite bien poli, distantes de 4^{mm} et pénétrant à l'intérieur, afin d'atteindre les vapeurs avant leurs condensations. On chauffe à 1460° avec une différence de potentiel de 60 V, soit 150 V/cm.

A l'extrémité libre du tube, on recueille normalement le produit noir à aspect feutré bouchant l'orifice du tube et une faible proportion de sulfure vert. Du côté muni d'électrodes, il ne se forme que du sulfure vert cristallisé adhérent au tube. Sous l'action du courant le carbone se sépare du sulfure avant sa condensation et se retrouve sous forme d'un enduit noir vers les extrémités des électrodes. Le sulfure vert est condensé dans les parties plus froides, à 2 ou 3^{cm} plus loin.

Le graphite volatilisé en présence de SMn paraît donc se transformer complètement en ions puisqu'un champ électrique entraîne son entière séparation d'avec le sulfure et sa rapide condensation.

Ces dernières expériences expliquent, tout au moins partiellement, le mécanisme de dépolymérisation du graphite lors du phénomène d'azéotropie. L'émission électronique, engendrée par la température élevée, fournit du carbone ionisé positivement, indice d'une certaine dépolymérisation. SMn en vapeurs s'associe à cette forme du carbone et fournit l'azéotrope.

Ces conclusions, sont en accord, d'une part, avec les propriétés du distillat noir SMn-carbone que nous publierons prochainement, et, d'autre part, avec les notions actuellement connues sur l'état du carbone dissous dans les métaux fondus à haute température, qu'il s'agisse de molécule monoatomique ou d'ions positifs tri ou tétravalents.

Remarquons qu'au-dessous de 1620°, nous sommes en présence de deux corps sublimables et non dissous. L'azéotropie que nous constatons alors entre solides n'a pas encore été signalée.

Nous ne pouvons actuellement déterminer ses lois d'une façon définitive, car le distillat noir, bien que facile à séparer, ne se produit jamais seul. On trouve toujours, dans les régions plus chaudes du tube, SMn vert sans carbone. La composition exacte de l'azéotrope ne peut donc être fournie avec certitude.

L'influence de la température a été observée dans nos expériences en utilisant un dispositif pour enrichir les vapeurs en carbone et se rapprocher de la saturation. On chauffe un mélange à parties égales de SMn et graphite dans une boîte munie d'une cheminée remplie de graphite granulé. On évite, en même temps, les entraînements mécaniques. Pour une pression de $0^{mm},45$, la teneur en graphite du distillat noir passe de 19 % à 1500°, à 17,2 % pour 1600° et 15 % à 1700°. Avec 0,03-$0^{mm},04$ de pression, on obtient 18,3 % à 1560 et 16,2 % à 1640°. La diminution du carbone avec l'élévation de la température peut s'expliquer facilement. La composition de l'azéotrope est fonction des tensions de vapeur et, lorsque la température croît entre 1500 et 1700°, c'est la tension du carbone qui, relativement, augmente le moins.

En ce qui concerne la pression, on constate qu'elle intervient très nettement sur la proportion de SMn vert sans carbone. Une pression faible augmente la quantité de produit noir. Si l'on sublime SMn pur afin d'éviter tout entraînement mécanique, la volatilisation du carbone à 1560° ne s'effectue que pour

des pressions inférieures à 10^{mm}. Le distillat noir, alors loin de la saturation, contient 7,5 % de graphite pour $1^{mm},5$ et 10,9 % avec $0^{mm},3$.

Remarquons qu'au point azéotropique, la pression est liée à la température; ces deux facteurs varient dans le même sens.

La nécessité d'opérer sous une pression suffisamment faible, qui paraît spéciale à l'azéotropie entre solides, s'explique en faisant intervenir la dépolymérisation que subit généralement l'un des constituants d'un azéotrope positif. Cette dépolymérisation à l'état solide est difficile à réaliser, elle est évidemment facilitée par une faible pression.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la stabilité du nitrate tétracuivrique.* Note (*) de M. **Pierre Deschamps** et Mlle **Berthe Charreton**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente (1) il a été montré que, même, en présence de sels basiques de constitution définie, les points singuliers des courbes de titrage du sel neutre par les alcalis ne correspondent pas nécessairement à leur composition chimique.

La raison en est qu'un deuxième corps apparaît parfois avant que les ions métalliques de la solution ne soient totalement précipités. Il est d'ailleurs possible de prévoir la position des points singuliers si l'on connaît, en plus de l'indice de basicité du sel basique, la concentration initiale et les produits de solubilité.

Nous étudions ici les courbes de titrage conductimétrique d'une solution de nitrate de cuivre par la soude, courbes qui présentent des variations considérables en fonction de la température et de la concentration initiale. Le nitrate basique de cuivre n'est en effet stable ni à faible dilution, ni à température élevée.

Les mesures conductimétriques ont été faites par la méthode habituelle : pont de Wagner avec écouteur alimenté en courant alternatif de 1 000 périodes. Les précipitations ont été faites dans des flacons bouchés placés dans une étuve électrique réglée à température convenable. La durée du vieillissement varie de deux à une vingtaine de jours (solution la plus concentrée à température ordinaire).

Comme précédemment, nous avons porté en abscisses

$$a = \frac{\text{quantité de soude versée}}{\text{quantité théorique exigée pour précipiter l'hydroxyde}}$$

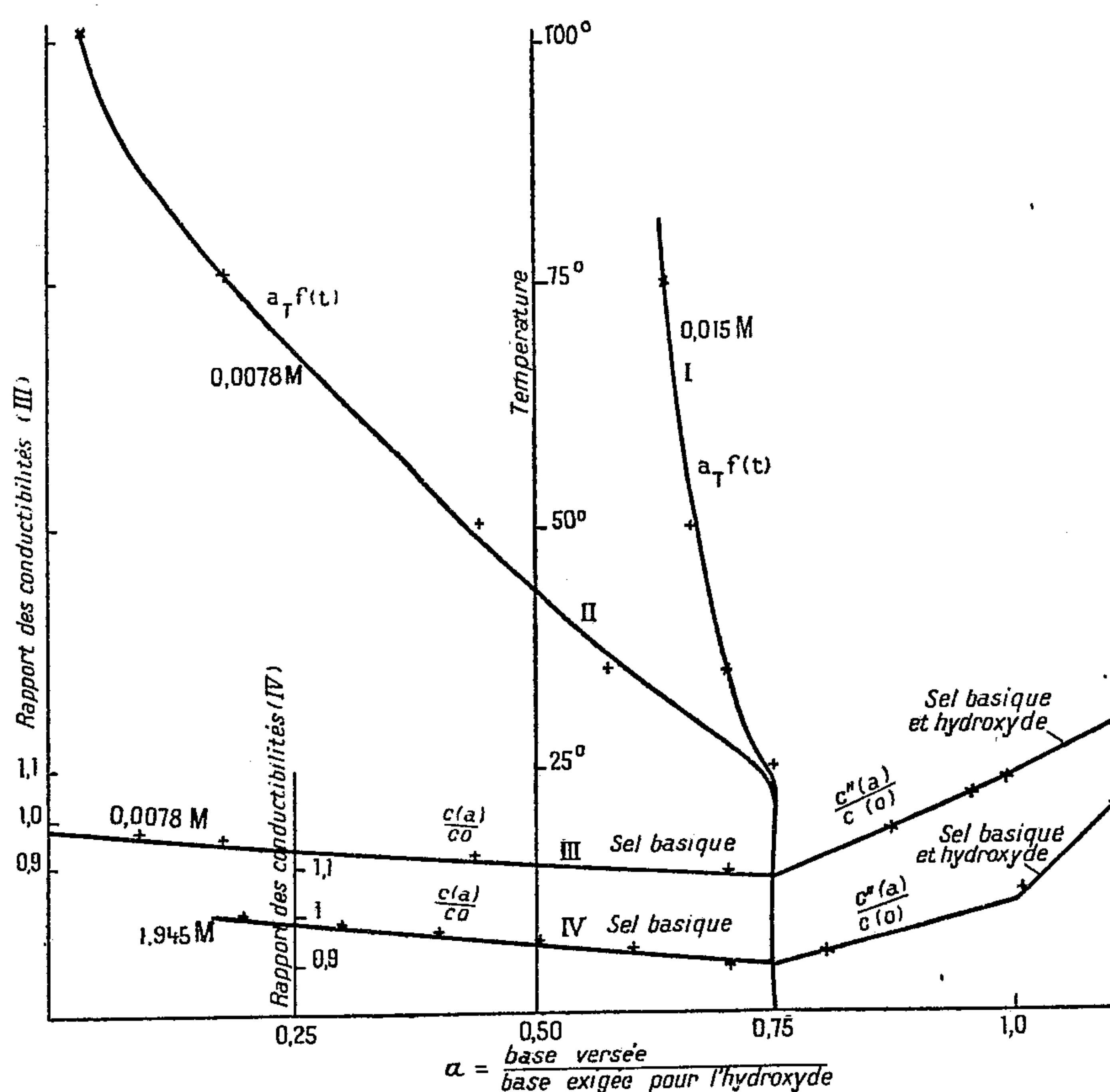
(*) Séance du 22 mai 1950.

(1) Max Geloso et Pierre Deschamps, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 742-744.

et en ordonnées, non pas la conductibilité $C(a)$, mais le rapport $C(a)/C_0$ où C_0 représente une conductibilité fictive obtenue par extrapolation de $C(a)$ pour $a = 0$.

Les courbes obtenues se confondent pratiquement avec des droites.

Le point anguleux d'abscisse a_T, point de transition qui marque le passage du sel basique au mélange du sel et de l'hydroxyde est toujours net, mais son abscisse varie.



I, courbe donnant a_m en fonction de la température, concentration initiale : 0,0156 M; II, $a_T f(t)$ concentration initiale : 0,0078 M; III, courbe de titrage conductimétrique, concentration : 0,0078, température ordinaire; IV, courbe de titrage conductimétrique 1,945 M, température ordinaire, dilué 100 fois.

Sur la figure, nous n'avons tracé que deux courbes de titrage, celles relatives aux concentrations initiales de 0,0078 M et 1,945 M; les mesures de conductibilité ne sont alors pas faites directement, mais sur la solution diluée 100 fois, à température ordinaire. Nous avons aussi reporté pour les concentrations étudiées, c'est-à-dire : 1,945 M, 0,0156 M, 0,0078 M et 0,00156 M les valeurs de a_T en fonction de la tempéraiure.

On voit que les points anguleux se déplacent d'autant moins que la

concentration est plus élevée. A température ordinaire, et quelle que soit la concentration, la valeur de a_T reste très voisine de $a = 0,75$, ce qui correspond au sel *tétracuivrique*.

Remarquons tout de suite que le domaine de stabilité de ce sel est particulièrement étendu, et il ne semble guère possible d'expliquer ce fait autrement qu'en admettant l'existence d'un composé défini.

Ajoutons que les différences de pente entre le segment de droite relatif à la précipitation du sel basique et celui relatif à la transformation de ce sel en hydroxyde [segments que nous avons désignés par $C(a)/C_0$ et $C''(a)/C_0$] ([2]) sont, dans les cas où il semble logique de leur donner une signification, un peu moins élevées que les valeurs théoriques et, par exemple, de 1,28 au lieu de 1,33, (solution : 0,0156 M) et 1,20 (solution : 0,0078 M).

Dans une communication ultérieure, nous étudierons les nitrates basiques de plomb.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la méthode de volumétrie potentiométrique par potentiels repérés. Son emploi pour le microdosage rapide du chlore, du brome et de l'iode dans les composés organiques.* Note de M. **Roger Lévy**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Pour bénéficier pleinement des avantages de la minéralisation des composés organiques dans la microbombe de Parr, en vue du microdosage des halogènes ([1]), ([2]), il faut lui associer une méthode de dosage qui présente les mêmes qualités de simplicité et de rapidité. Ces conditions incitent à s'adresser à la volumétrie; toutefois la haute concentration saline des solutions halogénées obtenues rend difficiles les dosages volumétriques habituels. A l'échelle semi-microanalytique, Wurzschmitt et Zimmermann ([2]) ont pu doser le chlore et le brome par argentométrie potentiométrique classique. Cette technique ne peut cependant pas s'appliquer à l'échelle microanalytique, surtout dans le cas du chlore, car la courbe des potentiels est quasi linéaire au voisinage du point équivalent dans les conditions opératoires spéciales qui résultent de la minéralisation dans la microbombe de Parr.

La présente Note traite de l'adaptation au dosage microanalytique des halogènes, après minéralisation dans la microbombe de Parr, de la méthode utilisée par Bellamy ([3]) pour le dosage macroanalytique de l'argent, variante

---

([2]) Pierre Deschamps, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 179-181.

([1]) A. Elek et D. W. Hill, *J. Amer. Soc.*, 55, 1933, p. 2550.

([2]) Communication directe de W. Zimmermann.

([3]) *Chimie analytique*, 30, n° 4, 1948, p. 82-85.

de la méthode d'argentométrie potentiométrique antérieurement décrite par E. Müller (4).

Le principe de la technique opératoire est particulièrement simple : à la force électromotrice, désignée par l'abréviation f. é. m., de la cellule de titration, variable pendant le titrage, on oppose une f. é. m. fixe égale à la f. é. m. d'équivalence. Le point final de la titration est atteint lorsque les deux f. é. m. sont égales.

Il est essentiel que la f. é. m. d'équivalence soit définie et stable. A cette fin, il faut assurer la constance des coefficients d'activité des ions halogènes et argent, au point équivalent. Ce résultat est atteint en assurant, dans la solution à titrer, la constance de la concentration en sulfate de sodium, sel principal résultant de la neutralisation par l'acide sulfurique de la solution provenant de la microbombe.

La valeur absolue de la f. é. m. d'équivalence est fournie par une cellule de titration dans *les conditions d'équivalence*, effet de sel compris, *réalisées a priori*. Cette eellule *équivalente* n'est pas directement opposée à la cellule dans laquelle est effectué le titrage proprement dit, comme dans les méthodes de Treadwell et de Pinkhof (5), mais sa f. é. m. est repérée intermédiairement, une fois pour toutes, à l'aide d'un potentiomètre.

Pour effectuer un titrage, on oppose à la f. é. m. de la cellule de titration la différence de potentiel du potentiomètre réglé dans la précédente opération de repérage; il suffit d'ajouter à cette cellule le volume de nitrate d'argent titré nécessaire et suffisant pour amener à zéro l'aiguille d'un appareil de mesure intercalé dans le circuit. Ce volume est le volume équivalent.

Dans la pratique opératoire, la constance de l'effet de sel, soit dans la cellule de répérage de la f. é. m. équivalente, soit dans la cellule de titration, est assurée comme il suit :

1° On maintient constante la masse de peroxyde de sodium introduite dans la microbombe.

2° On fixe, à une valeur déterminée, choisie une fois pour toutes, le volume de la solution en fin de titrage, c'est-à-dire au point équivalent.

La première condition est réalisée, entre des limites que l'expérience montre suffisantes, par simple mesure du volume apparent du peroxyde.

La seconde condition est satisfaite par dilution aqueuse, au volume choisi, de la solution à titrer. On n'effectue cette opération qu'en fin de titration, après introduction de la presque totalité du volume équivalent de nitrate d'argent,

---

(4) *Die Elektrometrische* (*Potentiometrische*) *Massanalyse*, 6e édition, Dresde et Leipzig, 1942, p. 90.

(5) TREADWELL et L. WEISS, *Helv. Chim. Acta*, 2, 1919, p. 672 et 680; PINKHOF, *Over de tœpassing der elektrometrische titraties*, *Dissertation*, Amsterdam, 1919.

ce qui se manifeste par le fait que la f. é. m. de la cellule ne diffère plus que de quelques millivolts, par défaut, de sa valeur d'équivalence.

Dans le cas de l'iode, le *saut de potentiel* au point équivalent étant particulièrement élevé, l'ajustement du volume final semblerait superflu; *l'expérience montre, cependant, que dans tous les cas, l'opération de dilution assure une parfaite reproductibilité des résultats obtenus.*

En associant à la méthode de minéralisation dans la microbombe de Parr le dosage des halogènes par la méthode d'argentométrie potentiométrique par potentiels d'équivalence repérés décrite ci-dessus, et dont les détails paraîtront dans un autre recueil, nous avons obtenu les résultats suivants : on peut doser le chlore sur des prises d'essais de 4 à 8^{mg} avec du nitrate d'argent 0,01 N et le brome et l'iode sur des prises d'essais de 2 à 3^{mg} avec du nitrate d'argent 0,002 N, à l'aide d'une semi-microburette délivrant des gouttes de $0^{cm^3},025$. Les erreurs commises sont inférieures à $\pm 0,2$ unité absolue pour cent. Si les opérations sont effectuées en série, la durée moyenne d'un microdosage d'halogène dans un composé organique est de l'ordre de grandeur remarquable de 30 minutes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les benzologues linéaires* (5.6) *de l'indoxyle et de l'isatine.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Alexandre Staehelin**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparation de dérivés du benzo-5.6 indoxyle (III), et de la benzo-5.6 isatine (IX).

Dans une publication au *Bulletin de la Société Chimique* de mai-juin 1949 relative à la chloro-7 benzo-5.6 isatine et à sa transformation en dérivés α-azanthracéniques par réaction de Pfitzinger ([1]), l'un de nous annonçait qu'il avait en cours d'étude la préparation de la benzo-5.6 isatine (IX). Or, Dethloff et Schreiber ([2]), n'ayant sans doute pas eu connaissance de notre projet au moment du dépôt de leur manuscrit (15 novembre 1949), viennent de décrire, dans le dernier fascicule (avril 1950) des *Chemische Berichte*, la préparation de cette isatine, par oxydation du benzo-indoxyle linéaire (III) (non isolé de la fondue du sel de sodium du diacide naphtalénique (I) et de l'amidure de sodium) et par oxydation du dibenzo-5.6 indigo (II) déjà connu ([3]). Cela nous incite à faire connaître dès maintenant l'état de nos recherches sur cette question.

L'oxydation du dibenzo-5.6 indigo (II) ne nous ayant pas donné de bons

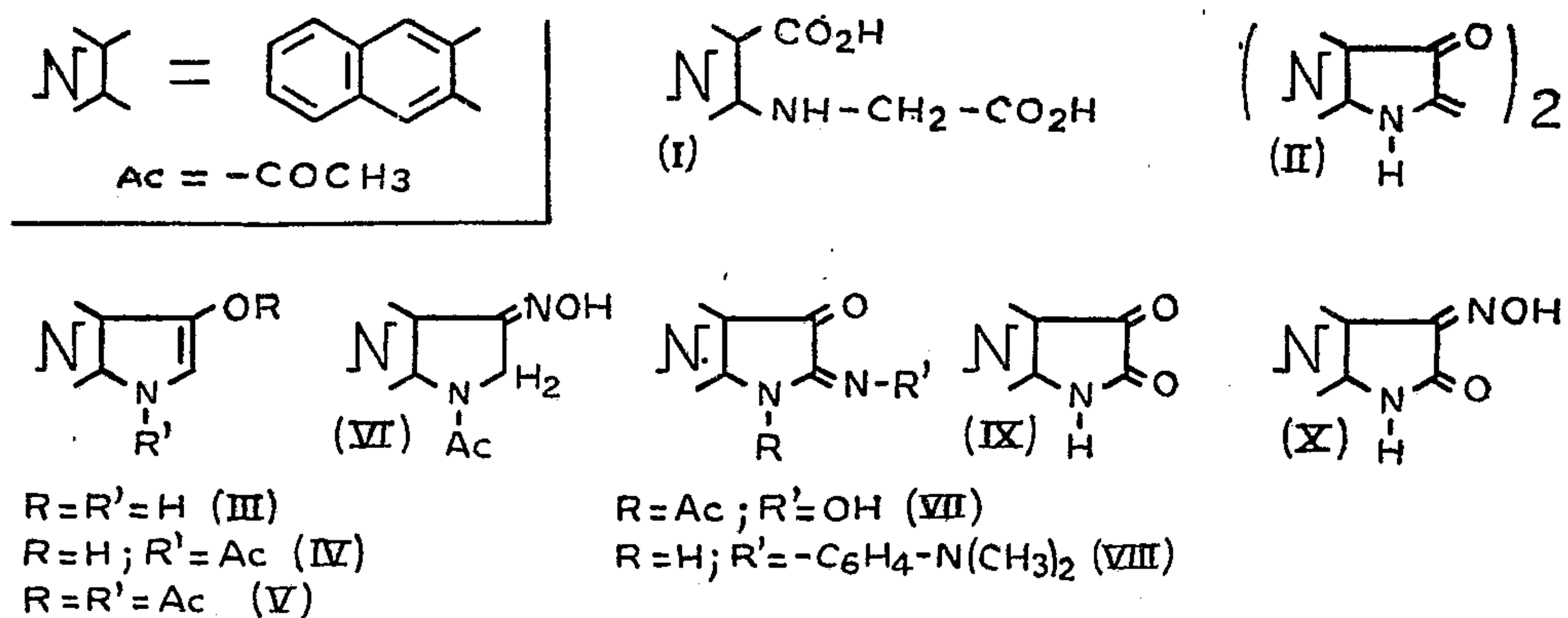
(*) Séance du 22 mai 1950.

([1]) A. Etienne, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 515.

([2]) *Chem. Ber.*, 83, 1950, p. 157.

([3]) H. E. Fierz-David et R. Tobler, *Helv. Chim. Acta.*, 5, 1922, p. 557.

rendements en isatine nous avons préféré utiliser d'autres dérivés du benzo-5.6 indoxyle (III). Parmi ceux-ci le dérivé N.O-diacétylé (V), simplement signalé dans un brevet ([4]), nous a paru être une matière première intéressante. En effet, nous avons pu obtenir, avec de bons rendements, le N.O-diacétylbenzo-5.6 indoxyle (V), $C_{16}H_{13}O_3N$, aiguilles jaunes (ac. éthyle), F_{inst} 165-166°, par cyclisation de l'acide (carboxy-3 naphtyl-2) amino-acétique (I) par l'anhydride acétique et l'acétate de sodium à 90-100°. Chauffé au reflux avec du sulfite de sodium, dans un mélange d'eau et de dioxane, il se désacétyle partiellement en N-acétylbenzo-5.6 indoxyle, $C_{14}H_{11}O_2N$ (IV), aiguilles jaune pâle (ac. éthyle), F_{inst} 181-182°. Ce dernier donne une oxime (avec NH_2OH, HCl), la N- acétyl benzoindoxyle β-oxime (VI), $C_{14}H_{12}O_2N_2$,



aiguilles incolores (dioxane) F_{inst} 270-271°. Par nitrosation (nitrite de sodium et acide acétique), il donne de plus un dérivé isonitrosé en α, qui n'est en fait qu'une α-oxime de la benzoisatine : ici ce sera la N-acétylbenzo-5.6 isatoxime-α $C_{14}H_{10}O_3N_2$, aiguilles rouges (acide acétique), F_{inst} 265-268° (VII); celle-ci peut être d'ailleurs obtenue en une seule opération à partir du N.O-diacétylbenzo-5.6 indoxyle (V) en effectuant une O-désacétylation rapide par la soude diluée, en atmosphère d'azote, suivie d'une nitrosation en milieu acétique comme celle indiquée plus haut.

L'hydrolyse de cette isatoxime-α (VII) diffère suivant qu'elle est effectuée en milieu alcalin ou en milieu acide. Par les alcalis, il y a désacétylation puis transposition de Beckmann en naphtoylène-2.3 urée, F_{inst} 356°, déjà préparée d'une autre façon ([5]). Avec l'acide chlorhydrique aqueux dans l'acétone, il n'y a que scission hydrolytique sans changement de squelette, ce qui nous permet d'aboutir à la benzo-5.6 isatine (IX).

([4]) *I. G. Farbenindustrie Akt. Ges., Brevet Français*, 672.258, 1929; *English Patent*, 326.523, 1930.

([5]) F. Curd, J. Landquist et F. Rose, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 1766.

Ce produit a été obtenu d'une autre manière à partir du N-acétylbenzo-5.6 indoxyle (IV) et de la paranitrosodiméthylaniline (chlorhydrate). La condensation dans l'alcool en présence de CO_3Na_2, donne, après désacétylation, le dérivé anilé : le (*p*-diméthylaminophényl) imino-2 benzo-5.6 indoxyle (VIII), $C_{19}H_{17}ON_3$, aiguilles bleu noir (alcool), F_{inst} 224-225°, La même réaction se produit avec le N.O-diacétylbenzo-5.6 indoxyle (V) mais en milieu plus alcalin (CO_3Na_2 et un peu de NaOH). L'anilino (VIII) est hydrolysé par HCl aqueux à chaud en benzo-5.6 isatine (IX).

L'isatine, obtenue par ces deux procédés, $C_{12}H_7O_2N$, cristallise sous deux formes sublimables dans le vide, de solubilités et de couleurs différentes mais de même point de fusion, F_{inst} 299-300° (6) (feuillets orangés dans l'acide acétique et carrés rouges dans le dioxane). Ces deux formes donnent la même β-oxime (avec NH_2OH, ClH) : la benzo-5.6 isatoxime-β (X), $C_{12}H_8O_2N_2$, aiguilles jaunes (acide acétique), F_{inst} 325-327° (6).

L'étude des transformations à partir de cette isatine est en cours, notamment les extensions de cycles (réaction de Pfitzinger et autres).

MINÉRALOGIE. — *La cristallisation, par chauffage, des gels mixtes de silice et de magnésie.* Note (*) de M. **Germain Sabatier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Lorsqu'on chauffe un gel minéral, après une phase de déshydratation, il cristallise. Si ce gel contient plusieurs constituants, ils cristallisent séparément ou sous forme d'une combinaison. On peut ainsi obtenir divers silicates de métaux divalents en chauffant, très au-dessous de leur point de fusion, des gels de composition convenable. La présente Note est consacrée à l'étude de ces phénomènes dans les gels mixtes de silice et de magnésie.

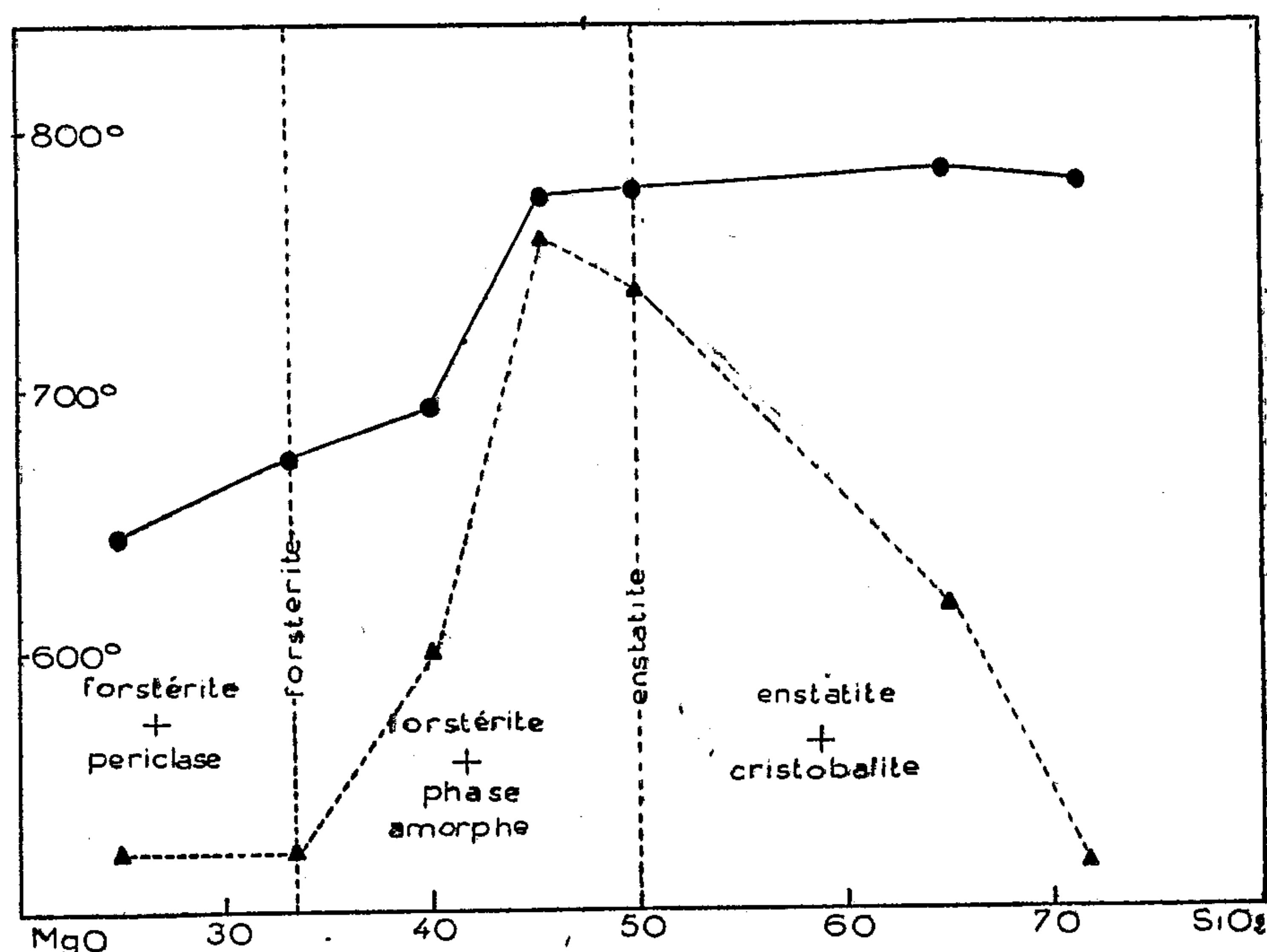
Les gels sont préparés en précipitant simultanément SiO_2 et MgO par mélange de solutions de silicate de soude et de chlorure de magnésium. En faisant varier le rapport SiO_2/Na_2O dans le silicate, et les volumes des deux solutions, on obtient des gels dont la composition peut être fixée à l'avance.

La marche des phénomènes au cours du chauffage a été suivie à l'aide de

(6) Les points de fusion que nous avons trouvés pour la benzoisatine (299-300°) et son oxime (325-327°) sont nettement différents de ceux indiqués [respectivement 285° (déc.) et 245°, 5] par Dethloff et Schreiber (2). Ces différences peuvent être dues au fait que les auteurs ont sans doute pris les points de fusion par chauffage lent, en tube, alors que nous prenons toujours le point de fusion instantanée au bloc Maquenne. Des différences de ce genre ont déjà été observées notamment pour l'isatoxime-β (*voir* A. Étienne, *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 658).

(*) Séance du 22 mai 1950.

l'analyse thermique différentielle. Dans tous les cas on observe après un ou deux crochets endothermiques liés à la déshydratation, un crochet exothermique marquant la cristallisation. Ce crochet, pour un gel de composition donnée, apparaît à une température bien définie qui semble indépendante des modalités du chauffage. On définit ainsi une température de cristallisation pour chaque gel. De plus l'amplitude du crochet permet de comparer grossièrement les quantités de chaleur dégagées. On a figuré ci-dessous les variations de ces deux grandeurs en fonction du pourcentage moléculaire des gels.



La température de cristallisation (trait plein) croît d'abord avec la teneur en silice, puis reste sensiblement constante; la chaleur de cristallisation (trait ponctué) passe par un maximum accusé lorsque SiO_2 et MgO se trouvent en proportion sensiblement équimoléculaire.

Les phases cristallisées ont été identifiées par diffraction des rayons X. Outre les cristaux des constituants sous forme de périclase et de cristobalite, on observe la formation de deux silicates, l'enstatite et la forstérite. L'enstatite se forme à partir des gels de composition équimoléculaire ou plus riches en silice; la forstérite à partir du gel de composition $2 MgSiO_2$, mais aussi de gels plus riches en silice ou en magnésie.

Ces produits donnent d'excellents clichés X, mais les cristaux sont trop petits pour être visibles au microscope. L'étude optique s'est donc limitée à la mesure de l'indice moyen et elle confirme le diagramme de cristallisation donné

ci-dessus. D'autre part, l'augmentation d'indice qui accompagne la cristallisation suit une marche parallèle à l'amplitude des crochets exothermiques. Cette augmentation d'indice étant liée à la contraction du gel au cours de la cristallisation, on en déduit que la chaleur de cristallisation et la contraction sont en gros proportionnelles.

Bien que la majeure partie du gel cristallise au moment du crochet exothermique, il ne marque cependant pas une transition brusque entre l'état amorphe et l'état cristallin. Des phénomènes de pré-cristallisation ont, en effet, été mis en évidence. C'est ainsi que dans le cas de la forstérite se formant dans un gel de composition $2MgO\ SiO_2$, les premiers cristaux apparaissent vers 500° au moment du départ des dernières traces d'eau; puis la cristallisation s'arrête pour ne reprendre qu'à 675°. Dans le gel de composition $MgO\ SiO_2$, les premiers cristaux d'enstatite apparaissent à 720° et de même la cristallisation s'arrête pour ne reprendre que 60° plus haut. Dans les deux cas les premiers cristaux apparus sont assez gros et bien formés pour donner des raies X fines.

Des mélanges de silice et de magnésie, préparés au mortier, donnent lieu à des phénomènes analogues, mais à la condition que SiO_2 et MgO s'y présentent sous forme hydratée. En opérant sur des produits calcinés, il y a encore réaction, mais très affaiblie et sans doute limitée à la partie superficielle des grains.

Si ces expériences montrent la possibilité de la synthèse, à température relativement basse, des silicates magnésiens anhydres, on doit noter qu'il ne s'est formé, dans ces conditions, aucune phase cristallisée autre que celle déjà connue par l'étude du système SiO_2-MgO fondu.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur quelques sables des fonds de* 3 800 *à* 7 900^m *de l'Océan Atlantique*. Note de Mlle **Solange Duplaix** et M. **André Cailleux**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Des sables grossiers (1^{mm}) s'observent, intercalés dans les boues à Globigérines de l'Océan Atlantique par 4 320^m au large des Canaries (volcaniques); par 3 800 à 4 900^m à 500^{km} de la côte mauritanienne (sable quartzeux, très usé, identique à celui de la côte); par 7 300 à 7 500^m dans la fosse de la Romanche (gabbro et serpentine, très anguleux).

L'expédition océanographique suédoise 1947-1948, dirigée par le Prof. Hans Pettersson, a rapporté des carottes de grands fonds dont certaines renferment, intercalés dans des boues à Globigérines, des niveaux sableux.

Aux environs des Canaries, par 4 320 à 4 360^m, le matériel en est presque exclusivement volcanique et sans trace d'usure, et jusqu'à plus ample informé peut être interprété simplement, à l'exclusion des quartz, comme projections des volcans des archipels voisins (Canaries, Madère, etc.). Un zircon, un

grenat et un quartz admirablement usé (contre 1 000 non usés) indiqueraient seuls un faible apport terrigène possible.

Carotte 215, 29°55′ Lat. N, 17°32′, Long. W; Éch. 0 à 2^{cm} : cendre volcanique probable, quartz, augite, épidote, grenat, sphène. Éch. 421^{cm},5 à 422^{cm},5 : verre volcanique, quartz, augite, hornblende, épidote. Éch. 797 à 832^{cm} : lapillis blancs globuleux très abondants, verre volcanique bulleux, quartz, feldspath, augite, hornblende, sphène.

Carotte 217, 27°27′ Lat. N, 19°43′, Long. W; Éch. 172 à 173^{cm} : quartz, feldspath, augite, épidote, hornblende, zircon. Éch. 361 à 362^{cm} : agglomérats volcaniques, quartz, feldspath, augite, hornblende.

Dans les carottes 215 et 217, le quartz est extrêmement rare (moins de 1 °/$_{00}$ éléments légers).

Au large du Cap Blanc, par 3800 à 4900^{m} le sable est identique à celui des rivages mauritaniens, pourtant distants de 300 à 500^{km} : mêmes minéraux très variés, originaires des granites, roches métamorphiques, etc.; tous très usés (sauf les plus petits quartz); débris de coquilles; quartz de 0^{mm},7 admirablement ronds et mats façonnés par le vent. Si leur transport était dû à d'hypothétiques courants sous-marins, les plus gros grains devraient être luisants, comme dans les fleuves; or tel n'est pas le cas. Quant aux tempêtes de poussière, fréquemment rencontrées par les navigateurs, elles transportent, en immense majorité des grains bien plus fins : 60$^{\mu}$ et moins. Quelques observations de Thoulet aux Açores ([1]) laisseraient penser qu'elles transportent aussi une faible minorité de grains plus gros. Sous réserve d'une indispensable vérification, ce serait peut-être ceux-ci que nous retrouverions intercalés dans les boues à Globigérines.

Carotte 221, 22°31′ Lat. N, 23°28′ Long. W; Éch. 0 à 4^{cm} : fragments de coquilles, quartz ([2]). — Éch. 431 à 431^{cm},5 : fragments de coquilles, quartz, mica blanc, tourmaline, grenat, hornblende, augite, épidote, zircon, hypersthène, andalousite, rutile, anatase, sphène. — Éch. 584 à 588^{cm} : quartz, mica ([2]).

Carotte 223, 20°21′ Lat. N, 20°37′ Long. W; Éch. 0 à 2^{cm} : plaquettes ferrugineuses, quartz, hornblende, épidote. — Éch. 502,5 à 503^{cm},5 : quartz, mica ([2]).

Dans la Fosse de la Romanche, par 7300 à 7500^{m}, s'observe un remarquable mélange de volcanique, de quartz et feldspath et de roches vertes basiques. L'abondance de ces dernières, déjà signalées non loin de là par Philippi in Andrée ([3]), indiquerait une montée du Sima; en tous cas, elle exclut un apport des côtes africaines et brésiliennes, à large dominante granito-gneissique et suggère une analogie avec l'île médioatlantique Saint-Paul ([4]). L'absence totale d'usure, même sur grains de 2 à 4^{mm}, sauf sur les grains lés

(1) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 947.
(2) Échantillon peu abondant dont seuls les minéraux cités ont pu être étudiés.
(3) KARL ANDRÉE, *Geologie des Meeresbodens*, Leipzig, 1920, 2, p. 420.
(4) C. E. TILLEY, *Amé. Jour. of Sc.*, 245, n° 8, p. 483, August, 1947.

plus tendres (talcschiste) exclut, à en juger par les termes de comparaison subaériens, un parcours de plus de 100^{km}. Dans un milieu aussi homéotherme qu'un grand fond, la fragmentation si intense, peut s'expliquer peut-être par les éruptions ou les tremblements de terre sous-marins, précisément très fréquents et amples dans ces parages, ou par des mouvements tectoniques; le profil fort accidenté du fond, décelé par Hans Pettersson (dénivellations atteignant 5^{km} sur 20^{km}) plaide dans le même sens.

Carotte 238, 00°07′ Lat. S, 18°12′ Long. W; Éch. 681,5 à 682^{cm},5 : fragments de roches (serpentine, talcschiste, gabbro), lapillis variés, quartz, feldspath, diallage, hornblende, épidote, hypertshène, augite, olivine, sphène.

Carotte 239, 00°13′ Lat. S, 18°26′ Long. W; Éch. 0 à 1^{cm},5 : fragments de roches (serpentine, péridotite, gabbro, roches volcaniques variées), quartz, feldspath, augite, hornblende, enstatite, hypersthène, diallage, olivine. Éch. 158^{cm} : roches volcaniques, serpentine, quartz, feldspath, hornblende, diallage, augite, épidote, sphène, hypersthène, olivine. Éch. 163 à 164^{cm} : roches volcaniques, serpentine, quartz, augite, diallage, hornblende, épidote, olivine, hypersthène, un zircon.

Dans les carottes 238 et 239, le quartz est très rare : moins de 1 % éléments légers.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De l'influence du carbonate de calcium sur la nutrition potassique des végétaux.* Note de MM. **Gustave Drouineau**, **Pierre Gouny** et Mlle **Rose Mazoyer**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les observations d'Ehrenberg relatives à l'effet dépressif provoqué par les chaulages sur la nutrition potassique des végétaux cultivés, datent de plus de 30 ans. Elles ont été à l'origine de nombreux travaux concernant le rôle du calcium sous des formes diverses sur la nutrition potassique dans les sols. Par contre, les recherches effectuées en milieu synthétique sont rares et comportent souvent l'utilisation de solutions d'une concentration trop différente de celle des solutions de sol. Bien que des indications contradictoires se dégagent de cet ensemble, il est devenu classique d'attribuer une grande importance à l'antagonisme du calcium vis-à-vis du potassium.

La confusion qui règne dans cette question vient surtout d'une distinction insuffisante entre les phénomènes de physiologie végétale et ceux qui relèvent de la science du sol. Dans chacune des disciplines, on éprouve en outre de grandes difficultés à isoler les variables, en particulier lorsque l'on étudie l'effet du calcium sous forme de carbonate, car une modification de pH avec ses multiples conséquences, s'ajoute à la variation de concentration en ions Ca^{++}.

En raison de l'intérêt qui s'attache à l'étude de la nutrition potassique dans les sols calcaires, il convient de reprendre l'étude de celle-ci dans des milieux synthétiques ne comportant pas de minéraux argileux. Nous avons donc étudié en culture sur sable quartzeux avec solutions coulantes l'influence du carbonate

de calcium sur la nutrition potassique pour diverses espèces végétales, non sensibles à la chlorose calcaire.

Nous avons cultivé des maïs, des doliques et des pois dans des séries de pots identiques où le substrat renfermait de 0 à 20 % de carbonate de calcium. Chaque pot était arrosé goutte à goutte par une solution nutritive dont la concentration en ions K variait suivant les séries entre 1,2 et 30 mg/l. Avec ce dispositif, le sable quartzeux ne joue plus uniquement un rôle de support pour les plantes en expérience, et l'on peut craindre une fixation des ions PO_4^{---} de la solution sur le carbonate de calcium. Afin de maintenir constante la nutrition phosphatée, celle-ci a été assurée de façon indépendante par $1^g,5$. de phosphate tricalcique placé dans un verre de montre au centre du pot. L'analyse des plantes a montré que la teneur en phosphore des tissus était ainsi la même quelle que soit la teneur du milieu en carbonate de calcium.

La solution nutritive ayant un pH de 7, le passage sur le substratum fait varier celui-ci de 7 à 8. La concentration en calcium des eaux de drainage augmente de 20 mg/l, dès que le sable renferme 1 % de carbonate, et elle ne s'accroît pas sensiblement avec la richesse du substrat en calcaire.

L'analyse des plantes récoltées au bout de 6 semaines a montré que la teneur en potassium des tissus est uniquement fonction de la richesse en ions K de la solution de culture. Elle est indépendante de l'accroissement de la concentration en ions calcium de la solution et de l'augmentation de la teneur du substrat en carbonate de calcium.

En moyenne la teneur en potassium de la matière sèche varie de : 1,71 à 2,55 % dans les doliques, pour des solutions nutritives renfermant, suivant les séries de 1,2 à $3^{mg},6$ de potassium par litre; 3,40 à 4,36 % dans les pois pour des solutions renfermant de 2,93 à $8^{mg},80$ de potassium par litre; 1,85 à 6,12 % dans le maïs, pour des solutions renfermant de 1,85 à 39^{mg} de potassium par litre.

D'autre part, dans chaque série, la teneur en calcium des plantes n'est pas influencée par la proportion du carbonate de calcium dans le substrat. Cette observation est valable pour les végétaux non sensibles à la chlorose calcaire, qu'ils absorbent beaucoup de calcium comme le pois, ou qu'ils en absorbent peu comme le maïs. Par contre, si l'on compare la teneur en calcium des plantes dans des séries différant par la concentration en K^+ de la solution, on constate que pour les solutions riches en potassium, l'assimilation du calcium est diminuée même en présence d'une forte quantité de carbonate de calcium.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations cytologiques sur l'évolution et le fonctionnement du point végétatif de la Giroflée* (Cheiranthus Cheiri *L.*, *Crucifères*). Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le fonctionnement du point végétatif de la Giroflée montre des alternatives de différenciations et de dédifférenciations. Les variations des volumes nucléolaires sont remarquables : l'accroissement des nucléoles suggère le rôle attribué aux ribonucléoprotéides dans la synthèse des protéines vivantes.

L'étude cytologique du point végétatif de *Cheiranthus Cheiri* nous permet d'apporter quelques précisions relatives à son évolution et à son fonctionnement au cours du développement de la plante. Lors de la germination, au moment où les deux cotylédons s'épanouissent, le point végétatif est constitué par une bande étroite de quelques rangées de cellules seulement, allongée entre les deux insertions cotylédonaires, et à peu près orthogonale à l'axe de la plantule. Au cours de la croissance de la tige, cette région s'étend lentement et forme un dôme très aplati, entouré par les primordiums et les ébauches foliaires.

Les cellules du point végétatif des germinations débutantes présentent, à un haut degré, les caractères des cellules méristématiques : cytoplasme abondant, vacuoles très petites, chondriome ténu, sans plastes distincts; enfin, fait sur lequel nous reviendrons, *nucléole volumineux* (diamètre 2 à $2^{\mu},5$).

Après l'épanouissement des cotylédons, les plantes étudiées subirent un temps d'arrêt dans leur croissance, rapide jusque-là. Cette période correspondait à l'épuisement des réserves de la graine, peut-être avancée par la culture en serre. Le point végétatif était alors enserré entre les deux premières ébauches foliaires épicotylées; il se composait d'une bande étroite, présentant un initium foliaire à chaque extrémité. Les cellules de l'apex et des deux initiums se *différencient* très sensiblement dès que la croissance se ralentit : les vacuoles grandissent, le cytoplasme devient moins colorable, les chloroplastes se développent dans toutes les régions et, enfin, le volume des nucléoles diminue sensiblement (1,3 à 2^{μ}).

Lorsque la croissance reprend, les deux premières feuilles s'épanouissent et le point végétatif retrouve son activité morphogénétique. Il s'y produit alors une *dédifférenciation* générale. Elle atteint d'abord les deux initiums, puis la région axiale qui les sépare. Les plastes se divisent à un rythme accéléré, surtout dans les cellules centrales des initiums; les nucléoles grossissent (diamètre supérieur à 2^{μ}); dans le cytoplasme, les vacuoles se réduisent. La dédifférenciation est rapide dans les ébauches foliaires, mais très lente dans les régions axiales de l'apex, où les chloroplastes persistent parfois très longtemps.

Cette région ne manifeste en effet qu'une activité très réduite par rapport à

celle des cellules plus latérales. Ces dernières édifient les nouvelles feuilles et chaque initium débute par la *dédifférenciation* de quelques-unes d'entre elles. Chaque *initium* et chaque *soubassement foliaire* résultent ainsi d'un processus de dédifférenciation. Le phénomène est de moins en moins accusé, au fur et à mesure du développement de la tige et de l'élargissement du point végétatif. Ce dernier fait résulte de la prolifération de cellules latérales, situées entre le sommet (axial) et les ébauches foliaires. Il apparaît ainsi, progressivement, une zone annulaire, *plus méristématique que les cellules axiales, mais moins que les initiums* qui se constituent à ses dépens. Cette zone est l'*anneau initial*, décrit par M. L. Plantefol, que l'on retrouve ainsi par l'étude cytologique, aussi nettement qu'il se déduisait des aspects morphologiques. La netteté de l'anneau initial s'accentue peu à peu au début du développement de la tige feuillée. Toutefois, la naissance d'un initium foliaire produit toujours un accroissement des caractères méristématiques des cellules intéressées.

Quant aux cellules axiales situées au sommet du point végétatif, elles prolifèrent très peu, tandis que la tige feuillée se construit. Ces cellules axiales peu actives correspondent au *corpus* des auteurs et à la région apicale de la *tunica*. C'est là partie marginale de la tunica qui constitue l'anneau initial. En plus, il faut considérer des cellules axiales, situées sous le corpus, qui assurent la *croissance en longueur* de la tige. Elles forment un *méristème proprement caulinaire* dont les cellules ont des caractères tout à fait particuliers. Ce sont des cellules à grande vacuole unique; elles se divisent toujours par des cloisons perpendiculaires à l'axe de la tige (*vacuolated meristem* des auteurs de langue anglaise). Par ces deux caractères, elles ressemblent aux *cellules cambiales*, qui assurent la *croissance en épaisseur*. Elles en diffèrent par leur cloisonnement transversal et par leurs chloroplastes volumineux. Leurs divisions sont naturellement beaucoup plus rares que celles des ébauches menant à l'édification de tissus abondants, comme sont les ébauches foliaires. Aplaties lors de leur naissance, les cellules issues de ce méristème s'allongent et deviennent essentiellement des cellules médullaires.

Ces faits montrent d'intéressantes ressemblances entre les méristèmes, seuls proprement caulinaires, réalisant soit l'accroissement en longueur, soit l'accroissement en épaisseur de la tige des Dicotylédones. Ces méristèmes, *histogènes*, vacuolaires, et à mitoses orientées, sont opposables aux méristèmes *organogènes* que constituent soit l'anneau initial, soit les méristèmes radiculaires dont la structure cytologique est toute différente. (Connue comme structure méristématique primaire.)

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action antimitotique du para-amino-salicylate de sodium* (PASNa) *sur les méristèmes radiculaires d'*Allium Cepa *L.* Note de MM. **Marcel Mascré** et **Guy Deysson**, présentée par M. René Souèges.

En faisant agir des concentrations variées de PASNa sur les méristèmes radiculaires d'*Allium Cepa*, on obtient entre une zone de concentration léthale (0,25 % et plus) et une zone simplement mitodépressive (0,010 % et moins), une action mitoclasique d'un type particulier, caractérisée par un raccourcissement extrême des chromosomes et par le blocage des cinèses au stade stathmo-anaphasique.

Nous avons étudié l'action du PASNa sur les méristèmes radiculaires d'*Allium Cepa* L., en utilisant les techniques qui nous sont habituelles ([1]). Nous avons pris soin de renouveler fréquemment les solutions et de vérifier qu'elles n'avaient pas subi d'altération en cours d'expérience.

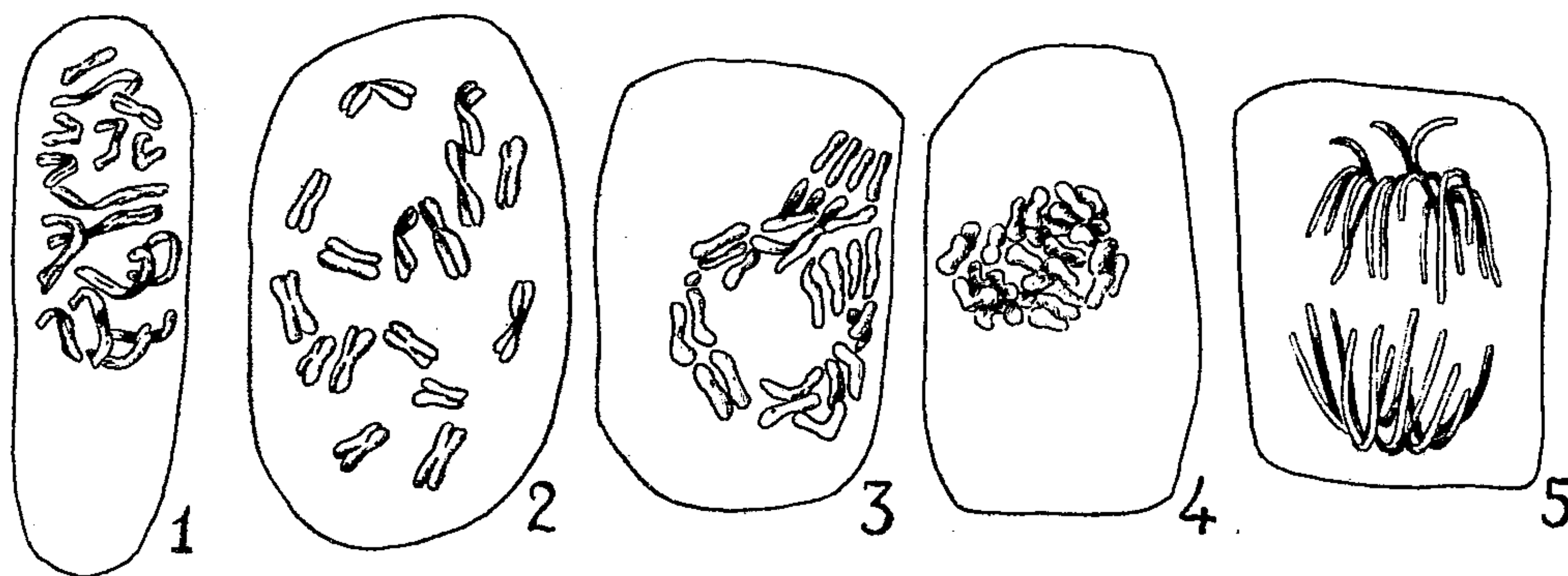
Nous avons observé que le PASNa exerce une action léthale qui se traduit, pour des concentrations de 1 et 0,5 %, par l'arrêt immédiat de la croissance et la mort des cellules en quelques heures. La concentration de 0,25 % exerce une action semblable, mais la mort des racines ne survient qu'en 24 heures. Dans ces conditions, les noyaux interphasiques sont très altérés (caryorhexis); il existe des cellules binucléées; les cinèses, assez nombreuses, sont représentées presque uniquement par des amas chromosomiques dont les éléments sont indistincts. Pour des concentrations de 0,010 % et au-dessous, le PASNa ralentit simplement l'activité mitotique du méristème sans qu'on observe d'images anormales. Pour les concentrations comprises entre les précédentes (0,25 et 0,010 %), ce corps exerce une action mitoclasique qui présente des particularités intéressantes et dont la description fait l'objet principal de cette Note.

1° *Concentration de* 0,10 %. — Après 5 heures, l'index mitotique est légèrement augmenté et l'action mitoclasique est très nette : les stathmocinèses représentent en moyenne 85 % des métaphases (83 à 89); il existe déjà un petit nombre de cellules binucléées.

Après 28 heures, l'allongement des racines est plus faible que chez les témoins (4,6 contre $9^{mm},2$); les noyaux interphasiques sont en général normaux : certaines cellules sont binucléées. Les cinèses sont encore assez nombreuses et, à part les prophases, toutes anormales. Ce sont des stathmo-méta et stathmo-anaphases qui présentent des caractères particuliers : les chromosomes sont, dès la prophase, très fortement raccourcis et épaissis (*fig.* 1); cette contraction s'accentue encore lors des stades successifs de la stathmocinèse correspondant à la prémétaphase, à la métaphase (*fig.* 2) et à l'anaphase

(1) M. Mascré et G. Deysson, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 91 1944, p. 206; G. Deysson, *Thèse Doct. Pharm.* (*État*), Paris, 1948.

(*fig.* 3). Les chromosomes deviennent en même temps gonflés, collants (*sticky*), moins chromophiles et l'on obtient des amas confus, subglobuleux, représentant la fin de ces stathmocinèses abortives (*fig.* 4). Les figures montrent les divers stades de telles cinèses : on peut constater que, dès la fin de la prophase, la



spiralisation des chromosomes est beaucoup plus poussée que dans une métaphase et même une anaphase normales (*fig.* 5). Le ralentissement des cinèses s'accompagne assez souvent d'un raccourcissement des chromosomes; mais nous n'avons en aucun cas observé ce dernier phénomène à une intensité comparable à celle que nous avons remarquée dans nos expériences. Il ne semble pas, d'ailleurs, que sa production ait été signalée avant nous par d'autres auteurs.

L'interruption du traitement à ce moment ne permet plus la reprise de la croissance : après un retour de 48 heures, sur liquide de Knop au demi, on n'observe qu'un petit nombre de cellules présentant des amas de chromosomes fluidifiés et confluents (stathmocinèses abortives). Les noyaux interphasiques sont souvent altérés. Il est intéressant de signaler qu'on n'observe aucune prophase : toutes les cellules qui étaient en prophase ont donc pu évoluer en stathmométa- et stathmo-anaphases et elles n'ont été tuées qu'à ces stades.

Lorsque le traitement est interrompu plus tôt (8 heures), la reprise de croissance est possible. Après 24 heures de retour, les cinèses sont encore peu nombreuses et comprennent, à côté d'images normales, des amas chromosomiques en voie de dégénérescence. Après trois jours de retour, on peut confirmer qu'aucune racine n'est morte : toutes ont présenté un léger épaississement de leur extrémité, puis une reprise de la croissance de 2 à 4^{mm}. Dans ces méristèmes, les index mitotiques sont normaux; la proportion des divers stades de cinèse n'est pas, non plus, modifiée par rapport aux témoins. On observe cependant quelques traces des troubles antérieurs : des cellules binucléées entrent à nouveau en cinèse, d'autres sont tétraploïdes.

2° *Concentration de* 0,05 %. — Après 5 heures, le PASNa a exercé une

action mitoclasique, accompagnée d'un léger abaissement de l'index mitotique. Les stathmodiérèses, hémicinèses et stathmocinèses représentent 30 à 35 % de l'ensemble des méta-, ana- et télophases. Si l'on considère plus spécialement les métaphases, 40 à 45 % sont des stathmocinèses. Après 28 heures, on obtient uniquement des stathmocinèses abortives comme avec la concentration précédente.

3° *Concentration de* 0,025 %. — Un traitement de 5 heures donne les mêmes résultats que la concentration de 0,05 %. Mais, pour une durée d'action plus longue, on n'observe plus aucune image cinétique. Toutes les stathmocinèses antérieures ont donc pu s'achever; il ne s'est pas formé de stathmocinèses abortives du type précédemment décrit.

CYTOCHIMIE. — *Sur un aspect de la cytochimie de la croissance chez* Sterigmatocystis nigra *en milieu nutritif équilibré.* Note de M. **Jacques Gayet**, présentée par M. Roger Heim.

Les résultats que nous avons acquis antérieurement, ainsi que les hypothèses que nous avons émises concernant le rôle des principales formes biochimiques du phosphore à l'intérieur du mycélium de *Sterigmatocystis nigra* (1), nous conduisent à envisager l'étude des phénomènes cytochimiques de croissance se déroulant au cours des diverses conditions culturales.

Ce travail préliminaire se rapporte au développement du microorganisme sur le milieu salin de Czapek, en présence de glucose (3 %) et de sulfate neutre d'ammonium (0,50 %, soit 0,106 % d'azote), à pH 4,0 et à une température de 37° C. Les mycéliums récoltés à différents stades de la croissance sont fixés par le liquide de Helly durant 24 heures.

L'acide désoxyribonucléique nucléaire est mis en évidence par la réaction de Feulgen, l'acide ribonucléique cytoplasmique (microsomes de Claude) (2) ou chromidias de Monne (3) par la méthode de Brachet au vert de méthylepyronine (4), les nucléoles (acide ribonucléique en majeure partie) par l'hématoxyline ferrique de Regaud, enfin les corpuscules métachromatiques (polymétaphosphates) par la méthode de Wiame au bleu de toluidine (5).

Le mycélium jeune, non sporulé, en croissance active présente deux zones distinctes par l'intensité de la basophilie. La zone supérieure (aérienne), colorée fortement par la pyronine, est constituée par des filaments à cytoplasme dense, à structure granulaire et fibrillaire et à vacuome très réduit. La zone inférieure (immergée) possède des filaments à cytoplasme plus clair,

---

(1) *Thèse Doct. Sc. nat.*, 1949, Strasbourg.
(2) *Science*, 90, 1939, p. 213.
(3) *Adv. in Enzymol.*, 8, 1948, p. 1.
(4) *Arch. Biol.*, 53, 1942, p. 207.
(5) *Biochim. Biophys. Acta*, 1, 1947, p. 234.

mais à structure identique à celui des filaments de la zone supérieure et à vacuome important. La réaction de Feulgen montre une localisation de l'acide désoxyribonucléique dans un nombre considérable de noyaux, peu colorés, dont le diamètre est de l'ordre de $0^{\mu},30$, répartis dans la totalité du mycélium et qui offrent dans certains articles des figures de divisions synchrones. Les nucléoles sont nettement mis en évidence par l'hématoxyline, leur diamètre étant compris entre $0^{\mu},06$ et $0^{\mu},10$. Les corpuscules métachromatiques apparaissent au niveau des vacuoles d'un certain nombre de filaments sans localisation distincte dans l'ensemble du mycélium.

Au début de la sporulation le mycélium, dont les dimensions se sont accrues, offre une basophilie homogène. Il est formé de filaments à parois épaisses; le vacuome très important rejette le cytoplasme le long des parois cellulaires en de minces zones colorées par la pyronine et dont la structure est d'observation très difficile. Les noyaux, dont le diamètre n'a pas varié, sont disséminés dans l'ensemble des tissus; la dimension moyenne des nucléoles a diminué considérablement puisqu'elle tombe au-dessous de $0^{\mu},05$. Seuls les conidiophores, les phialides et les conidiospores présentent une intense basophilie, et les vacuoles de ces deux premiers éléments se montrent bourrées de corpuscules métachromatiques.

A la sporulation proprement dite on constate une amplification des phénomènes précédents, avec surtout la prédominance croissante du vacuome et la réduction considérable du volume nucléolaire.

Ces premiers résultats confirment, dans l'ensemble, ceux que nous avions obtenus par la voie biochimique. Le métabolisme oxydatif du microorganisme est particulièrement évident dans la période de croissance active : il se traduit par l'importante synthèse des deux acides nucléiques. L'évolution du volume du nucléole démontre que cet élément est vraisemblablement un lieu d'accumulation d'acide ribonucléique utilisable lors de l'inanition carbonée; ce point de vue rejoint celui qu'avait émis Maige il y a quelques années ([6]). Quant à l'acide ribonucléique des microsomes, il est probable qu'il participe à l'édification de structures plus complexes; les études que nous poursuivons permettront peut-être d'en entrevoir le mécanisme et la signification.

Les polymétaphosphates constituants des corpuscules métachromatiques apparaissent, là encore, comme une substance de réserve phosphorée, riche en énergie [Wiame ([7])], prête à être utilisée par les cellules de reproduction selon les obervations faites antérieurement par Guilliermond sur un grand nombre d'Ascomycètes ([8]).

([6]) *C. R. Soc. Biol.*, 89, 1923, p. 556.
([7]) *Journ. biol. Chem.*, 178, 1949, p. 919.
([8]) A. Guilliermond, G. Mangenot et L. Plantefol, *Traité de Cytologie végétale*, 1933, Paris.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du lait de Coco et d'un extrait de Coprah sur la multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac et du virus* X *de la Pomme de terre chez le Tabac.* Note de M. **Yves Gendron**, présentée par M. Joseph Magrou.

Mise en évidence, dans la Noix de Coco, d'une substance capable d'inhiber la multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac et du virus X de la Pomme de terre chez le Tabac et de diminuer la sensibilité de plantes hypersensibles au virus de la Mosaïque du Tabac. Cette substance agit sur l'hôte : elle n'a pas d'action sur le pouvoir infectieux du virus de la Mosaïque du Tabac.

On a signalé l'action inhibitrice de la multiplication des virus de certains régulateurs de croissance : acide 2-4-dichlorophénoxyacétique et ester méthylique de l'acide α-naphtalène acétique (1). La présence dans le lait de Noix de Coco d'une substance capable de stimuler la multiplication des cellules avec plus d'intensité que les hétéroauxines les plus actives, mais différente de ces composés puisqu'elle stimule la prolifération des tissus tumoraux (2) nous a conduit à rechercher si ce produit d'origine végétale était capable d'inhiber la multiplication de certains virus phytopathogènes.

L'activité du lait de Coco et d'un extrait de Coprah a été éprouvée sur une souche de virus de la Mosaïque du Tabac (Mosaïque ordinaire) et deux souches du virus X, l'une isolée de la Pomme de terre de la variété *Arran Banner* provoquant de graves nécroses sur le Tabac, l'autre issue de la variété *Bintje* et peu virulente sur le Tabac.

214 Tabacs, var. *Samsun* ont été utilisés. Les liquides étaient pulvérisés sur les plantes, les témoins pulvérisés ou non avec un bouillon de Pomme de terre stérilisé à l'autoclave. Les plantes étaient inoculées sur deux feuilles opposées avec un jus de Tabac infecté dilué au 1/500 (donnant environ 11 lésions par centimètre carré sur des feuilles de Datura) dans le cas du virus de la Mosaïque du Tabac et au 1/50 dans le cas du virus X de la Pomme de terre. Les plantes coupées au niveau du collet et pesées étaient broyées dans un appareil à hélice tournant à 12 000 t/min en présence d'une quantité mesurée d'eau. Les quantités de virus étaient estimées sérologiquement et chiffrées en unités sérologiques (3) par gramme de poids frais, transformées en pour 100 des témoins. En vue de se placer dans les conditions les plus favorables, les pulvérisations au nombre de deux à cinq étaient faites dans les jours qui précédaient et suivaient immédiatement l'inoculation. D'autre part, des lots de Datura et de *Nicotina glutinosa* aussi physiologiquement semblables que possible ont été pulvérisés : 1° 5 heures avant; 2° 24 heures avant; 3° 5 heures après et 4° 24 heures après l'inoculation. Les inoculations ont été faites avec un jus de Tabac mosaïqué dilué au 1/500 dans le cas des Datura, et au 1/50 dans le cas des

(1) P. Limasset, F. Levieil et M. Séchet, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 643-645; S. B. Locke, *Phytop.*, **38**, 1948, p. 916 (abstr.); J. Podesva, *Sbornik*, **20**, 1948, p. 295-300.

(2) L. Duhamet, *Comptes rendus*, **229**, 1949, 1353-1355; **230**, 1950, p. 770-771.

(3) P. Limasset, P. Cornuet et Y. Gendron, *Ann. Inst. Past.*, **78**, 1950, p. 135.

Nicotiana glutinosa. Chaque traitement était répété sur 15 feuilles environ, les témoins sur 50 feuilles. L'extrait de Coprah a été réalisé en soumettant ce tissu à un broyage grossier suivi d'un passage dans l'appareil à hélice en présence d'un poids égal d'eau distillée. Le résidu de broyage passé sur étamine était clarifié dans une hypercentrifugeuse modèle Sharples quelques minutes à 25 000 t/min et dégraissé par décantation après réfrigération.

Pour tous les Tabacs, un retard dans l'apparition des symptômes secondaires a été noté. Il ne s'agissait pas là d'un masquage, comme on peut en observer dans des déséquilibres de nutrition, les dosages sérologiques ont confirmé une diminution de la teneur en virus de l'ordre de 50 %. Il ne semble pas que l'effet obtenu puisse être imputé à un *effet de nutrition*; dans aucun cas il n'a été observé de différences de poids significatives en faveur des plantes pulvérisées, inoculées ou non. Pour les plantes hypersensibles, une unique pulvérisation a considérablement diminué le nombre ainsi que le *diamètre* des lésions locales. Par exemple, des Datura pulvérisés avec du lait de Coco ont présenté deux lésions pour cent des témoins quand le traitement avait lieu 5 heures avant l'inoculation, 5 % 24 heures avant et 68 %, 5 heures après l'inoculation.

Un essai *in vitro* a montré que la substance agissait sur l'hôte et non sur le virus. Une préparation de virus de la Mosaïque du Tabac partiellement purifiée par chauffage du jus de la plante mère pendant 10 minutes à 67° et centrifugation, a été mélangée, volume à volume avec le lait, l'extrait de Coprah et de l'eau du robinet et abandonnée 3 heures à l'étuve à 20°. Pour éliminer toute substance capable d'avoir une action sur la plante hypersensible, le virus était relargué deux fois au sulfate d'ammonium puis repris par l'eau et inoculé à des moitiés de feuilles de Datura. Les résultats obtenus : 590 lésions locales (eau) — 616 (lait); 814 (eau) — 881 (extrait de Coprah) montrent que le virus n'a pas été inactivé.

Il existe donc bien dans la Noix de Coco une substance capable de diminuer la sensibilité de plantes tant sensibles qu'hypersensibles vis-à-vis du virus de la Mosaïque du Tabac et du virus X de la Pomme de terre. Celle-ci ne détruit pas les virus mais manifeste une action inhibitrice sur la multiplication de ces derniers.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'influence des propriétés physiques des fines particules retenues dans le poumon humain.* Note (*) de M. **Raymond Boucher**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le nombre de particules dans l'unité de volume, le calibre des particules et le pourcentage de silice libre sont les trois facteurs reconnus essentiels jusqu'à ce jour pour caractériser la nocivité d'une atmosphère poussiéreuse. Le tracé

(*) Séance du 15 mai 1950.

de la courbe des fréquences relative à un spectre granulométrique ne suffit cependant pas pour donner une idée précise du risque potentiel attaché au calibre des corpuscules. De ce point de vue la détermination des divers diamètres statistiques est encore moins utile, car ceux-ci reflètent une valeur moyenne se rapportant à l'ensemble du spectre alors que les calibres correspondant à un haut potentiel d'agressivité se localisent dans une zone bien déterminée. En effet L. U. Gardner ([1]), en employant la méthode des injections intraveineuses, a constaté que le taux et l'étendue de la réaction des tissus semblent, en dessous de 3^{μ}, inversement proportionnels au calibre des corpuscules de silice. Cependant le diamètre des particules peut être réduit à un point tel qu'elles ne sont plus retenues longtemps dans beaucoup de parties du corps, leur action devient alors négligeable ([2]). Ces observations s'expliquent aisément si l'on admet que les réactions biochimiques à l'échelle cellulaire dépendent à la fois de la surface active des poussières vis-à-vis du cytoplasme des phagocytes alvéolaires et de la durée des temps de contact entre les fines particules exogènes et certaines molécules protéiques. En effet, la diminution du diamètre des fines corpuscules entraîne non seulement une augmentation de la surface spécifique, mais encore un accroissement de l'intensité du mouvement brownien. Ce dernier phénomène croissant plus vite que la surface, il s'ensuit que la résultante des deux actions opposées passe par un maximum pour une valeur située au voisinage de $0^{\mu},2$. Le domaine caractérisant une forte activité physicochimique, appelé souvent zone de colloïdalité maximum, se situe donc essentiellement entre 0,2 et 1^{μ} ([3]), ([4]). Dans cette région la courbe de rétention au niveau de l'épithélium alvéolaire se confond avec la courbe de rétention globale, puisque l'élimination dans les voies respiratoires supérieures est quasi nulle ([4]).

Nous avons mis en équation cette courbe de rétention globale en nous servant des résultats expérimentaux de Van Vijk et Patterson, afin de déterminer la rétention moyenne dans l'intervalle $0,2 - 1^{\mu}$

$$y_{\text{moy}} = \frac{1}{1 - 0,2} \int_{0,2}^{1} (-85^{-0,76d} + 99,2)\, dd \# 44,5,$$

y est exprimé en pour 100 de rétention et d en microns.

([1]) *J. of the Am. Méd. Ass.*, 11, 1938, p. 1925-1936.

([2]) Par exemple l'injection intraveineuse de 1^{g} de silice active vitreuse en particules de $0^{\mu},002$ ne produit aucun symptôme chez les cobayes. Tous les animaux survivent et l'on dose une quantité excessive de silice dans l'urine. Si on les sacrifie ils ne laissent apparaître que de légers foyers de fibrose silicotique. Par contre, la même quantité de silice injectée sous forme de particules voisines de $0^{\mu},5$ provoque des réponses inflammatoires aiguës et même la mort par insuffisance hépatique en quelques mois.

([3]) J. Alexander, *J. chem. Education*, 9, 1932, p. 2026.

([4]) Hatch et W. C. L. Hémeon, *Journ. of Ind. Hyg. Tox*, 30, 1947, p. 172-179.

Si l'on désigne donc par n le nombre de particules situées dans l'intervalle 0,2 — 1$^{\mu}$ et contenues dans 1^{g} de poussières, on peut supposer avec une approximation satisfaisante que 44,5 % d'entre elles seront retenues au niveau des alvéoles après dispersion et inhalation. La surface $\Sigma' g$ correspondant à ces particules peut s'expliciter à partir de la loi de répartition statistique de Rosin-Rammler ([5]) et grâce à un diamètre colloïdal moyen d_{fm} ([6])

$$\Sigma' g = n \pi d^2_{fm} \times \frac{44,5}{100} = N \Delta \pi d^2_{fm} \times \frac{44,5}{100} \neq 1,39 N \Delta d^2_{fm}.$$

Le facteur $\Sigma' gr$ représente l'activité potentielle physique d'un poids unité de poussières. Si l'on désire caractériser non la poussière mais l'atmosphère dans laquelle elle est dispersée, il faut alors calculer $\Sigma' cc$; ce facteur donne directement la fraction de surface active des micro-particules de la zone de colloïdalité contenues dans l'unité de volume d'atmosphère poussièreuse :

$$\Sigma' cc \neq n' \pi d^2_{fm} x \frac{44,5}{100} = N' \Delta \pi d^2_{fm} x \frac{44,5}{100} \neq 1,39 N' \Delta d^2_{fm}.$$

Ayant effectué plusieurs dizaines de prélèvements de poussières dans des atmosphères d'exploitations minières, nous avons constaté que les particules provenant des chantiers d'abatage du charbon avaient un $\Sigma' gr$ nettement inférieur (1 à 3.10^{-4} m^2/gr) à celui des particules plus dangereuses issues des chantiers au rocher (10 à 60.10^{-4} m^2/gr). Ceci semble donc confirmer l'éventualité d'un processus d'action physico-chimique lié à la nature colloïdale des fines particules ([7]).

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sensibilité de l'œil regardant deux points lumineux.* Note de Mlle **Françoise Flamant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous nous sommes proposé de déterminer la variation de la plus petite différence de flux perceptible par l'œil, entre deux points lumineux rapprochés, en fonction de la distance qui les sépare, de la position de leur image sur la rétine, et de leur couleur.

Les deux points lumineux ont chacun un diamètre apparent de 7″,4. Le flux est caractérisé par l'éclairement dans le plan de la pupille de l'œil, l'ensemble des deux points donnant un éclairement de 10^{-4} lux environ.

([5]) P. Rosin et E. Rammler, *J. Inst. Fuel*, 7, 1933, p. 29-36.

([6]) R. Boucher, *C. R. Service des Poussières* (*Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais*), 1949 (non publié).

([7]) Si la surface douée de fortes propriétés colloïdales semble intervenir comme un des principaux facteurs régissant les complexes réactions biochimiques, il n'en reste pas moins vrai que la nature de la particule est un autre facteur très important. La spécificité est en effet extrême dans tout le domaine de l'interaction corpuscule-phagocyte.

Lorsque l'écartement des points varie de 0' à 30' et que l'œil fixe toujours le milieu entre les deux points, la sensibilité différentielle passe par un maximum pour une distance des points voisine de 10' à 15', elle décroît légèrement pour des distances plus fortes et très rapidement pour des distances, plus faibles lorsque les points se rapprochent de façon à être vus presque confondus.

Si les points se déplacent sur un cercle centré sur le point de fixation, de manière à faire intervenir des régions homogènes de la fovea, les résultats sont identiques.

Pour un écartement fixe de 10', la sensibilité différentielle a été étudiée en différents points de la rétine, jusqu'à 2° de part et d'autre du centre, en lumière blanche, rouge ($\lambda > 0^{\mu},63$), verte ($\lambda = 0^{\mu},546$) et bleue ($\lambda = 0^{\mu},436$). Pour les lumières blanche, rouge et verte, les résultats sont semblables : l'œil présente un maximum de sensibilité différentielle au centre de la fovea, sur une largeur de 5' à 10' de part et d'autre du centre, puis lorsqu'on s'écarte du centre, la sensibilité reste constante jusqu'à 40' environ de chaque côté; là on observe une discontinuité brusque de la courbe qui correspond probablement à la variation brusque d'épaisseur de la rétine au bord anatomique de la fovea. Ensuite, la sensibilité différentielle reste à nouveau constante jusqu'au voisinage de 2° du centre, et diminue plus loin. La diminution de sensibilité est un peu plus forte du côté temporal que du côté nasal. En lumière bleue, l'œil présente un minimum de sensibilité au centre de la fovea, et un maximum entre 10' et 40'; au delà la sensibilité diminue progressivement jusqu'à 2°.

Une courbe d'acuité visuelle a été établie en lumière blanche, en déterminant sur deux points de même magnitude, l'écart minimum qui permette de les voir séparés, en fonction de leur distance au centre de la fovea. Les courbes d'acuité et de sensibilité différentielle en lumière blanche sont parallèles jusqu'a 40' de part et d'autre du centre. Au delà, l'acuité diminue progressivement, tandis que la sensibilité différentielle reste constante entre 60' et 100'.

Nous avons également constaté que la courbe de sensibilité différentielle et la courbe donnant la densité des cônes rétiniens en fonction de la position sur la rétine, d'après Osterberg (1), sont exactement parallèles.

Quant au minimum de sensibilité différentielle au centre de la fovea, observé en lumière bleue, il s'apparente au minimum de sensibilité de seuil signalé par Stiles (2) et aux anomalies de vision des couleurs au centre de la fovea signalées par de nombreux auteurs (3).

---

(1) *Acta Ophtalmologica*, 1935, Supplément VI, p. 102.

(2) *Revue d'Optique*, 28, 1949, p. 215.

(3) A. König, *Sitz. Akad. Wiss.*, Berlin, 1894; E. N. Willmer, *Nature*, 153, 1944, p. 774; E. N. Willmer et W. D. Wright, *Nature*, 156, 1945, p. 119; L. C. Thomson et W. D. Wright, *J. Physiol.*, 105, 1947, p. 316.

Tableau des résultats.

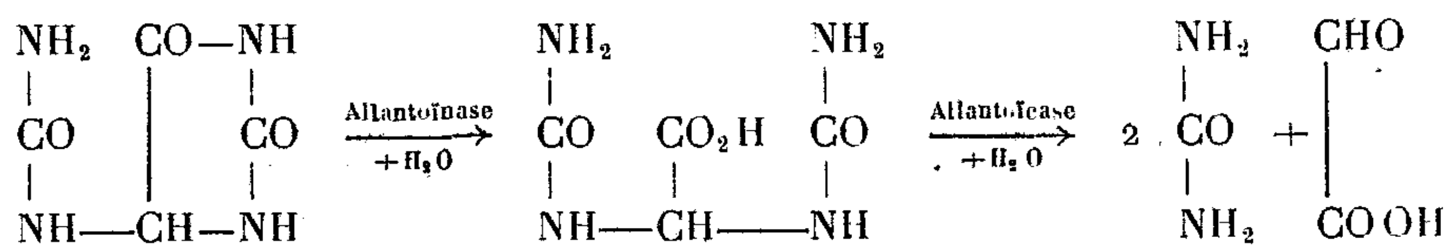
(Eclairement dans le plan de la pupille de l'œil = 10^{-4} lux.)

Seuil de sensibilité différentielle $\frac{\Delta I}{I}$.

Distance au centre de la fovea en minutes.	Lumière blanche.				rouge.	verte.	bleue.	Acuité en minutes.	
Observateurs..	F. F.	F. F.	M. C.	F. D.	F. F.	F. F.	F. F.	F. F.	F. F.
Côté.........	Temp.	Nas.	Nas.	Nas.	Nas.	Nas.	Nas.	Temp.	Nas.
0............	0,12		0,12	0,08	0,13	0,12	0,17	2,0	
2,5..........	0,14	–	–	–	–	–	–	–	–
5............	0,15	0,12	–	–	–	–	–	2,5	2,2
10............	0,14	0,13	0,12	0,07	0,13	0,14	0,14	2,2	2,5
20............	0,17	0,15	0,15	0,08	0,14	0,14	0,14	3,2	2,7
30............	0,16	0,14	0,17	0,08	0,15	0,13	0,15	3,2	3,2
40............	0,20	0,19	0,19	0,09	0,18	0,18	0,13	3,4	2,9
50............	0,25	0,20	0,17	0,12	0,17	0,20	0,15	2,9	3,4
60............	0,24	0,22	0,18	0,10	0,22	0,23	0,17	4,2	3,4
75............	0,25	0,21	0,22	0,09	0,24	0,22	0,19	4,6	4,4
90............	0,23	0,21	0,21	0,13	0,22	0,24	0,20	5,4	4,6
105............	0,30	0,22	0,22	0,12	0,22	0,22	0,29	5,8	5,4
120............	0,29	0,26	0,25	0,15	0,24	0,25	0,27	6,6	6,1

ENZYMOLOGIE. — *Sur la mise en évidence de l'allantoïcase chez les êtres vivants (Animaux).* Note de Mme **Geneviève Brunel-Capelle**, présentée par M. Roger Heim.

Chez les êtres vivants, l'intervention des enzymes allantoïnase et allantoïcase ([1]) dans le métabolisme des uréides glyoxyliques conduit finalement, aux dépens de l'allantoïne, à la formation d'urée et d'acide glyoxylique.



Au cours de recherches sur la famille des Légumineuses, la constatation d'une répartition très inégale des deux uréidases nous a amenée à reprendre la question de la mise en évidence de l'allantoïcase.

([1]) R. Fosse et A. Brunel, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 426; A. Brunel, *Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1936.

En principe, la caractérisation de l'allantoïcase est facile puisqu'il suffit, soit de précipiter l'urée engendrée par le xanthydrol, soit de rechercher l'acide glyoxylique par la coloration intense qu'il donne avec le réactif de Schryver-Fosse.

La méthode au xanthydrol convient bien, en règle générale, à la recherche de l'enzyme dans les tissus animaux; cependant, dans certains cas, la haute teneur en urée des organes étudiés (foie des Elasmobranches), la présence d'une uréase active (Mollusques), obligent à procéder à des déterminations quantitatives : dosage de l'urée préexistante, dosage de l'ammoniaque préformée et engendrée. Cette méthode s'applique difficilement aux tissus végétaux, la faible quantité d'urée qui apparaît par voie enzymatique se trouvant en dessous de la limite de précipitation par le réactif. La présence éventuelle d'acide allantoïque et d'uréase vient encore augmenter l'incertitude : l'acide allantoïque donne un dérivé dixanthylé qui peut être confondu avec la xanthylurée, l'uréase hydrolyse l'urée formée.

Pour des recherches d'orientation on a intérêt à retenir la technique basée sur la mise en évidence de l'acide glyoxylique qui s'applique indifféremment à l'étude des tissus animaux et végétaux. Toutefois, comme nous l'avons constaté, cette technique peut être mise en défaut.

Caractérisation de l'allantoïcase dans le foie de Cestracion zygæna *L.* — On fait agir à pH 7,3 et à 39°, sur une solution d'allantoate de potassium à 0,1 % une macération de foie de *C. zygæna* et, après des temps variables, on recherche par sa réaction phénylhydrazinique l'acide glyoxylique engendré par voie enzymatique. Les intensités de coloration observées peuvent être chiffrées par 3 après 1 heure, 1 après 6 heures, et faible après 20 heures.

Le foie de *Cestracion zygæna* L. renferme bien de l'allantoïcase, mais la disparition avec le temps de l'acide glyoxylique apporte une grave cause d'erreur si l'on veut suivre la marche de l'hydrolyse enzymatique. Par contre, l'expérience précédente faite *en présence de phénylhydrazine* montre que, quel que soit le temps d'action, l'acide glyoxylique ne disparaît plus du milieu : intensité de coloration après 20 heures : 5 (allantoate transformé 80 %). Ces résultats ont été confirmés par ceux obtenus dans l'étude des espèces (²) figurant dans le tableau ci-dessous.

L'existence chez les êtres vivants d'un processus enzymatique de transformation de l'acide glyoxylique amène une cause d'erreur importante dans la recherche de l'allantoïcase. L'addition de phénylhydrazine permet, sans ambiguïté, de caractériser la présence de l'allantoïcase dans les tissus.

(²) Les Élasmobranches et les Téléostéens étudiés renferment, en outre, une uricase et une allantoïnase très actives.

Phyllum ou classes.	Familles.	Espèces.	Organes étudiés.
Mollusques (³).......	Tridacnidæ	*Tridacna crocea* Lk.	Foie
	»	» *squamosa* Lk.	»
	Aviculidæ	*Meleagrina margaritifera* L.	Branchies
Elasmobranches (⁴)...	Carcharinidæ	*Scoliodon walbeehmi* (Blecker)	Foie
	»	» *lalandii* (Müller et Henle)	»
	»	» *dumerulii* (Blecker)	»
	»	*Carcharinus menisorrah* (M. et H.)	»
	»	» *melanopterus* (Quoy et Gaimard)	»
	Dasybatidæ	*Dasybatus kuhlii* (Müller et Henle)	»
	Narcacionidæ	*Narcine indica* Henle	»
	Cestracionidæ	*Cestracion zygæna* (L.)	»
	Orectolobidæ	*Chiloscyllium griseum* Müller et Henle	»
	»	*Stegostoma varium* (Seba)	»
	Rhinobatidæ	*Rhynchobatus djiddensis* (Forskäl)	»
	Catulidæ	*Atelomycterus marmoratus* (Bennett)	»
Téléostéens (⁴).......	Ariidæ	*Hemipimelodus siamensis* Sauvage	»
	Centropomidæ	*Psammoperca waigiensis* C. V.	»
	Exocatidæ	*Cypsilurus bahiensis* Rauzani	»

ANTHROPOLOGIE. — *La méthode vestibulaire en craniologie.* Note de MM. **Antoine Delattre** et **Jean-Marie Dæle**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous apportons une justification de la méthode qui consiste à étudier les profils craniométriques superposés de telle manière que les axes vestibiens ramenés à une même longueur et les plans vestibulaires horizontaux coïncident.

Le crâne est un réceptable à contour curviligne. Ses variations de forme doivent être assimilées aux variations de forme de surfaces courbes dont l'étude est faite par rapport à deux axes de coordonnées. Ceux-ci doivent être indépendants des lignes courbes dont on mesure les changements de forme et de position. Les profils crâniens que l'on compare doivent sur les schémas pouvoir se développer librement, les divers points craniométriques doivent pouvoir jouer, les angles s'ouvrir et se fermer sans que les plans ou lignes de référence limitent ou arrêtent leur course.

De tels axes de coordonnées, indépendants des parois osseuses, paraissent

(³) Espèces déterminées par M. P. Fischer, Professeur à l'École supérieure des sciences de l'Indochine.

(⁴) Espèces déterminées par M. J. Durand, Assistant à l'Institut océanographique de l'Indochine (Nhatrang).

difficiles à choisir. Pourtant les anthropologistes avaient senti confusément depuis longtemps que le conduit auditif et surtout son bord supérieur était susceptible de servir de centre pour mesurer les déplacements des régions du crâne. De nombreuses lignes, des angles, des arcs à point de départ auriculaire avaient été proposés, mais toutes ces lignes étaient déterminées par un second point du crâne ou de la face qui les rendaient solidaires de la paroi crânienne donc inutilisables.

Nous avons étudié la situation réciproque de différents points craniométriques : basion, opisthion, inion; nous avons comparé la direction des zygomas et de planums sur de nombreux crânes d'animaux et nous avons reporté ces points et ces lignes sur une même carte. Les mesures ont indiqué de façon évidente qu'un seul point est fixe, un seul axe, véritable ligne polaire, autour de laquelle gravitent les autres points. C'est une ligne réunissant deux points symétriquement placés à droite et à gauche, situés au-dessus et en arrière du conduit auditif externe. Cette ligne trouvée par l'analyse des faits anatomiques correspond à l'axe vestibien de Perez qui unit les milieux des deux canaux semi-circulaires horizontaux.

Cet axe vestibien représente en fait l'arête de l'angle dièdre de référence et il suffit de déterminer la direction d'un seul de ces deux plans perpendiculaires entre eux. Il nous a paru logique de choisir le plan des canaux semi-circulaires horizontaux dans lequel est situé l'axe vestibien, c'est-à-dire le plan vestibulaire horizontal, la méthode vestibulaire était dès lors créée.

Si l'axe vestibien a été déterminé par analyse, le plan vestibulaire horizontal a été choisi, mais l'application de la méthode a justifié ce choix : Elle a montré que la tête des Mammifères ne tourne pas follement au cours de l'évolution autour de l'axe vestibien comme une roue autour de son essieu. Le bloc osseux vestibulaire n'est pas disposé au hasard par rapport au crâne. Celui-ci contracte avec le bloc vestibulaire des connexions permanentes. Certaines parties de la tête demeurent en orientation inchangée par rapport au vestibule, il existe en particulier un complexe osseux maxillo-vestibulaire, alors que d'autres régions tournent autour de lui, telle la région postérieure du crâne.

Si l'appareil vestibulaire équilibre et oriente la tête de l'animal dans l'espace, il peut en corollaire servir à étudier le crâne de l'animal par rapport aux plans de ces canaux semi-circulaires.

Peut-être pouvons nous écrire que nous avons retrouvé les voies que la nature a suivies au cours de l'évolution, et dès lors la méthode vestibulaire n'est plus seulement une méthode mais la simple constatation du fait que la tête de l'animal s'est transformée autour de l'axe vestibien jusqu'à son achèvement en tête humaine.

ENTOMOLOGIE. — *Sur l'importance de l'hygrométrie dans l'éthologie de la Mouche de l'Oignon* (Chortophila antiqua *Meigen*). Note de MM. **Vincent Labeyrie** et **René Pons**, présentée par M. Pierre P. Grassé.

Des observations anciennes (¹) avaient montré que, chez *Chortophila antiqua*, un temps pluvieux et frais augmente la durée de la période de ponte et la longévité des adultes, entraînant un plus grand échelonnement des sorties de la génération suivante. Des expériences, exécutées à la Grande-Ferrade près de Bordeaux, nous ont montré qu'il faut un degré hygrométrique au moins égal ou supérieur à 60° pour provoquer une activité notable et permettre l'accouplement; la plus grande longévité des adultes et le maximum de fécondité ont lieu pour une hygrométrie moyenne de 90 %.

Ces faits expliquent pour quelle raison, on n'observe en plein jour par temps ensoleillé, ni accouplements, ni femelles en train de pondre, les mouches demeurant au repos sur les Aliacées. Dans ces conditions climatiques, l'activité n'a lieu, en effet, qu'aux premières heures de la journée, lorsque l'état hygrométrique est suffisamment élevé.

Les œufs, protégés de la dessiccation par les feuilles ou les écailles des bulbes entre lesquelles ils sont introduits, sont le stade le moins sensible aux variations de l'état hygrométrique. Ce n'est qu'exceptionnellement et par très forte sécheresse, que l'on peut concevoir leur mortalité par dessiccation (²).

La durée de la vie larvaire, très étroitement soumise aux variations thermiques (elle triple lorsque la température s'abaisse de 30°C à 15°C) dépend aussi beaucoup de l'humidité du milieu (³) : c'est ainsi qu'à 30° la durée de la vie larvaire passe de 16 à 10-11 jours quand l'hygrométrie s'élève de 60 à 90 %. Ces faits expliquent l'allongement considérable du cycle de *Chortophila antiqua*, évoluant dans les récoltes d'oignons, d'aulx ou d'échalottes entreposées dans des locaux relativement secs.

L'humidité ambiante peut aussi modifier le comportement larvaire. Lorsque l'état hygrométrique moyen de l'air est inférieur à 80 %, les larves se rencontrent seulement au niveau du collet de la plante, mais lorsqu'il se maintient à 80 % et au-dessus pendant plusieurs jours, elles vivent dans les feuilles jusqu'à 15^{cm} et au delà au-dessus du sol. Ces dégâts sur les parties aériennes des plantes, fréquents en automne dans le Bordelais, sont généralement confondus avec ceux de la Teigne du Poireau (*Acrolepia*

(¹) A. Kastner, *Untersuchungen zur Lebensweise und Bekämpfung der Swiebelfliege* (*Hylemyia antiqua* Meigen) *Teil.* (Schluss) *Generationenfolge und Koderversuche*, 1929 (*Zeitsch, Pflanzkrankh.*, 11, n° 3, p. 124-137, Stuttgart, mars 1930).

(²) E. W. Kendall, *Ann. Rep. Ent. Soc.*, Ontario 1931, Toronto 1932.

(³) J. R. Eyer, *Pensylvania Agric. Exp. Stat.*, Bull. 171, State college. Fev. 1922.

assectella Zeller). Il s'agit vraisemblablement dans ce cas d'une inversion du géotactisme positif larvaire sous l'influence de l'humidité, les larves nouveau-nées se dirigeant vers le collet dans les conditions climatiques normales de cette région. C'est un phénomène semblable qui doit provoquer la pupaison des larves, plus près du sol, dans les terrains humides ([4]).

Par ailleurs, au cours de l'étude du chimiotactisme de la larve, nous avons constaté que dans de la terre tamisée et fortement humidifiée (proche de la saturation), les larves, à moins d'une semaine de la pupaison, peuvent parcourir 40cm en 5 heures, franchissant parfois 10cm en 1 heure. Ceci explique les déplacements de plant en plant observés au printemps par de nombreux auteurs.

En conclusion, les variations de l'état hygrométrique peuvent considérablement modifier l'éthologie de la Mouche de l'Oignon, tant dans la durée du cycle que dans la nature et l'importance des dégâts.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Relations entre les échanges gazeux et la fixation des amino-acides par les hématies.* Note de MM. **Paul Boulanger** et **Jacques Ducourouble**, présentée par M. Maurice Javillier.

La fixation par les globules rouges des acides aminés ajoutés au sang total a déjà fait l'objet de plusieurs interprétations. Il semble qu'après une phase rapide d'adsorption, dont l'importance avait été exagérée par Abderhalden et Kürten, il y ait passage des amino-acides à travers la *membrane* globulaire (Sbarsky, Haüsler, Danielson, Üssing, etc.); l'équilibre, relativement lent à s'établir (quelques heures), correspondrait à l'égalité de concentration dans les phases aqueuses plasmatique et globulaire (Üssing). Selon Sbarsky, il y aurait en outre une *combinaison labile* entre les acides aminés et les protéides des globules rouges. Ce comportement ne serait d'ailleurs pas absolument général, les amino-acides dicarboxyliques et diaminés ne participant pas à ces échanges et ne pénétrant pratiquement pas dans les hématies.

Au cours d'expériences de perfusion du rein isolé, nous avons eu l'occasion de faire la constatation suivante, en apparence paradoxale : malgré la diminution progressive (par désamination et excrétion) du taux de l'acide aminé ajouté au sang perfusant, la teneur du sang veineux à la sortie de l'organe est presque constamment plus élevée que celle du sang artériel. Nous avons pensé que cette contradiction pouvait s'expliquer par une modification de la répartition globulo-plasmatique de l'amino-acide sous l'influence des échanges gazeux, et nous avons entrepris une étude systématique de ce phénomène. Nous avons ainsi été amenés aux conclusions suivantes, étayées sur un très grand nombre de chiffres expérimentaux, dont nous ne donnons ci-dessous que quelques exemples démonstratifs.

([4]) S. I. Isaev, *Bull. Leningrad Inst. Control Fin for pests*, Leningrad 1932.

	Plasma du sang initial.	Plasma du sang après oxygénation.	Plasma du sang après désoxygénation.
Alanine (en μg par ml)..........	1762	1297	1652
	1255	804	1140
	1206	1047	1371
		Sang oxycarboné.	Sang *désoxycarboné.*
Alanine (en μg par ml)..........	1267	539	1189
	1206	825	1054

1° Le passage des acides aminés dans les hématies est considérablement accéléré par l'oxygénation; on atteint en quelques minutes un équilibre qui demande plusieurs heures lorsque le sang est simplement abandonné en flacon bouché à l'étuve à 37°.

2° Un courant de CO_2 produit l'effet inverse et, au bout de 10 à 15 minutes, on retrouve dans le plasma le taux initial d'amino-acide déterminé avant oxygénation; mais cette action de CO_2 n'est pas spécifique et la désoxygénation sous pression réduite conduit au même résultat.

3° Les acides aminés dicarboxyliques et la lysine ne donnent pas lieu à cette fixation réversible, et nous n'avons pu démontrer leur passage dans les hématies, quelles que soient les conditions d'expérience.

4° L'intégrité des hématies n'est pas indispensable à la *dissimulation* de l'amino-acide, et le même processus s'observe dans du plasma contenant simplement de l'hémoglobine dissoute.

5° La transformation de l'hémoglobine en carboxyhémoglobine a une action identique à celle de l'oxygénation et le processus est également réversible.

L'interprétation de ces faits est très délicate et la nature du complexe *oxyhémoglobine-amino-acide* ou *carboxyhémoglobine-amino-acide* est difficile à préciser. Tout au plus peut-on faire un rapprochement avec les modifications de la constante de dissociation acide de l'hémoglobine qu'entraîne la fixation de O_2 ou de CO. Mais de toute façon, quel que soit son mécanisme intime, l'importance physiologique du phénomène est évidente en ce qui concerne le transport et la mise en réserve des acides aminés dans les hématies.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Lyse du cilié* Glaucoma piriformis *par les alcools et leurs dérivés polyoxyéthylés.* Note (*) de M. **Raphaël Matalon**, Mme **Lucie Molho-Lacroix** et M. **Max Cohen**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Dans un travail précédent ([1]), l'action des alcools à chaîne droite, à chaîne ramifiée et des alcools cycliques, a permis de mettre en évidence la liaison

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1542.

étroite entre la lyse et les conditions d'adsorption aux interfaces. Cependant, l'étude de la lyse par les alcools est assez limitée puisque les alcools deviennent très peu solubles dans l'eau lorsque leur chaîne carbonée s'allonge au delà de C_8. Le remplacement de la fonction hydroxylée par des groupements $-COO^-$, $-SO_3^-$, $-SO_4^-$, $-NH_3^+$, permet de faire passer de telles chaînes hydrocarbonées dans l'eau, mais l'on sait que ces nouveaux composés possèdent un mécanisme d'action très différent de celui des alcools sur les cellules, du fait de leur réactivité avec les protéines ([2]) d'une part et les lipoïdes ([3]) d'autre part.

La fixation à l'alcool d'une chaîne polyoxyéthylénique ([4]) maintient le caractère non ionique, tout en donnant un produit soluble dans l'eau.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau. C désigne les concentrations de lyse ([1]); *n* le nombre des molécules d'oxyde d'éthylène fixé par molécule d'alcool, π la pression superficielle des solutions de concentration C à l'interface liquide/air.

Alcool.	*n*.	C(mol-g/l).	π.
Amylique	0	0,0545	24
	1,8	0,144	31
	5	0,157	36
Hexylique	0	0,0178	24
	2,8	0,0265	30
Heptylique	0	0,0038	22,5
	4	0,0058	36,6
	6	0,008	37,6
	10,4	0,023	38,5
Laurique	8,3	0,00035	39,5
Myristique	11,4	0,00025	37

La lyse n'est pas observée avec l'alcool myristique condensé avec 19^{mol} d'oxyde d'éthylène, il en est de même avec l'alcool cétylique à 13^{mol} d'oxyde d'éthylène. Dans ces deux cas la pression superficielle maximum des solutions aqueuses est de 33 dyne/cm.

Les résultats obtenus permettent d'énoncer les conclusions suivantes :

1° Pour un alcool polyoxéthylé les concentrations C croissent avec l'allongement de la chaîne polyoxythylénique. A partir d'une certaine longueur aucune lyse n'est observée.

2° La lyse par les alcools à partir de l'alcool propylique se manifeste lorsque la concentration en solution est telle que la couche adsorbée a une pression superficielle de 20 à 24 dynes.

([2]) *Faraday Discussions Lipoprotéins*, 1949.

([3]) J. H. Schulman et E. Stenhagen, *Proc. Roy. Soc. B*, **126**, 1939, p. 356.

([4]) M. Cohen, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1366; **229**, 1949, p. 1074.

3° Les dérivés polyoxyéthyléniques ne contenant pas d'alcool libre ne lysent que dans un intervalle de pression compris entre 35 et 38 dynes, ce qui a lieu au voisinage du palier de la courbe des tensions superficielles de ces solutions.

4° La présence de l'alcool libre permet à la lyse d'être observée à des pressions de 30 dynes comme cela est observé avec certains dérivés oxéthylés des alcools amylique et hexylique.

5° A la pression de 33 dynes les alcools oxéthylés en C_{14} et C_{16} ne provoquent ni lyse ni immobilisation des ciliés.

Ces résultats suggèrent que les alcools polyoxéthylés, pour lyser le cilié, doivent déterger l'enveloppe lipoprotéique, et pour cela il faut que la pression superficielle des solutions soit supérieure à la pression de stabilité de telles couches.

Matalon et Schulman ([2]) ont montré que cette pression est d'environ 34 dynes.

Les alcools agissent par leur action sur les protéines qui ne sont stables en couche superficielle qu'à des pressions inférieures à 20 dynes ([5]).

Le présent mécanisme de la lyse est distinct de celui observé avec les détergents ioniques qui lysent à des pressions superficielles beaucoup plus faibles ([6]) du fait de leur pénétration ([5]) dans la membrane superficielle.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Comportement des chasseurs de rongeurs en Oubangui-Chari (Afrique équatoriale française) vis-à-vis des cinq antigènes rickettsiens majeurs : Antigènes épidémique, murin, boutonneux, fièvre Q, Fluviale du Japon.* Note (*) de MM. **Paul Giroud** et **Paul Le Gac**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les chasseurs de rongeurs de l'Oubangui-Chari sont presque tous hypersensibles à l'antigène murin. Ils le sont également à l'antigène boutonneux, mais moins intensément, ce qui démontre qu'à un moment donné de leur existence, ils ont tous présenté une atteinte de l'une ou de l'autre de ces deux affections ou d'une affection voisine.

Comme l'un de nous, (Le Gac), l'a constaté depuis 1938, la chasse aux rongeurs se poursuit, chaque année, pendant 4 mois, dans les savanes arbustives de l'Afrique tropicale, entre les 5° et 10° de latitude Nord. La totalité des habitants des villages, femmes et enfants compris, y participent.

Les chasseurs vont parfois à des distances considérables en brousse. Ils se réunissent ainsi pour mettre le feu à la savane. Les foyers d'incendie encerclent

---

([5]) J. H. Schulman et E. K. Rideal, *Proc. Roy. Soc.*, B, **122**, 1937, p. 29.

([6]) R. Cavier, *Comptes rendus.* **212**, 1941, p. 1146; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **23**, 1941, p. 311.

(*) Séance du 15 mai 1950.

à moitié le terrain de chasse, puis, aussitôt, des contre-feux sont établis pour protéger les plantations et les villages. Ce n'est qu'à ce moment-là que les derniers foyers sont allumés pour encercler totalement le gibier poursuivi. Les hommes tendent, de plus, des filets pour arrêter : antilopes, buffles, phacochères, etc., affolés par le feu. Dès l'apparition des premières flammes, hommes et enfants, armés de sagaies et de petits arcs, attendent la fuite des rongeurs. Tout animal qui a pu s'échapper du cercle des flammes est immanquablement transpercé. Dès la fin de l'incendie, le rôle des femmes commence. Armées de houes, elles attaquent les terriers des rongeurs, surtout nombreux dans les termitières abandonnées. Elles s'emparent des rats, au niveau même des nids remplis d'ecto-parasites, puis, de retour au village ou au campement, elles les dépouillent et procèdent à leur cuisson. Ce sont vraisemblablement les raisons pour lesquelles ce sont elles qui paient le plus lourd tribut aux infections du groupe des typhus.

Ces pratiques se reproduisent invariablement, chaque année, à la même saison, dans toute l'étendue de l'Oubangui-Chari. Nous avons, par suite, tenu à nous rendre compte de la sensibilité de ces africains aux cinq antigènes rickettsiens majeurs, épidémique, murin, boutonneux, de la fièvre Q, et de la fluviale du Japon.

Des intra-dermo-réactions ont été pratiquées chez 58 sujets, ayant pris une part effective ou indirecte à ces chasses et à la préparation culinaire du gibier. 49 sujets sur 58 africains, chasseurs de rongeurs, ont effectivement réagi à l'antigène murin; 15, en particulier, avec intensité.

Il est possible qu'ils ne se soient pas contaminés au cours de la chasse, mais il apparaît cependant vraisemblable que la manipulation des rongeurs puisse être invoquée comme source essentielle de contagion.

D'autre part, ces sujets ont, en outre, réagi 42 fois sur 58 à l'antigène boutonneux, dont on connaît les rapports avec l'antigène murin. Enfin, 8 sujets sur 58 réagissent à l'antigène épidémique; 10 sont hypersensibles à l'antigène de la fièvre Q, et aucun ne présente de réaction vis-à-vis de l'antigène de la fièvre fluviale du Japon.

Ces faits témoignent qu'à un moment donné de leur existence, les chasseurs de rongeurs africains ont été soumis à l'une ou l'autre des affections du groupe typhique, à l'antigène desquelles ils se sont montrés hypersensibles. Quatre types distincts de ces affections coexistent en Oubangui-Chari.

La séance est levée à 15h45m.

R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JUIN 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Analyse et géométrie euclidiennes.* Note de M. **ÉMILE BOREL.**

Distinction entre l'analyse euclidienne et l'analyse non euclidienne, comparable à la distinction entre les géométries euclidienne et non euclidiennes.

Je propose de donner le nom d'analyse euclidienne à l'ensemble des théorèmes d'analyse et de théorie des ensembles et des fonctions que l'on obtient en admettant sans restriction la définition euclidienne de l'égalité des figures géométriques finies, à savoir que deux figures égales sont superposables.

Comme je l'ai déjà dit (1), cette définition euclidienne de l'égalité entraîne des conséquences en contradiction avec l'axiome de Zermelo. On pourra donc dire que l'ensemble des théorèmes obtenus par les mathématiciens qui admettent l'axiome de Zermelo constitue une analyse non euclidienne.

Si l'on accepte ces définitions, on trouvera naturel qu'il y ait contradiction entre des théorèmes euclidiens et des théorèmes non euclidiens (2); il en est de même lorsqu'on considère la géométrie euclidienne et l'une des géométries non euclidiennes.

La découverte de ces géométries non euclidiennes, il y a plus d'un siècle, n'a pas empêché les mathématiciens d'attacher une importance particulière à l'étude de la géométrie euclidienne; il y a cependant certaines applications, par exemple la théorie physique de la relativité, pour lesquelles la géométrie non euclidienne peut rendre des services (1).

---

(1) ÉMILE BOREL, *Leçons sur la théorie des fonctions, Les paradoxes de l'infini, Éléments de la théorie des ensembles, Introduction géométrique à quelques théories physiques.*

(2) PAUL LÉVY, *Annales de l'École Normale*, 67, 1950, p. 15-49.

La question de savoir si le développement ultérieur de la science mathématique réservera une place prépondérante à l'analyse euclidienne ou, au contraire, utilisera de plus en plus l'analyse non euclidienne, me paraît actuellement insoluble. Il me semble cependant que, pour le moment, l'analyse et la géométrie euclidiennes ont une place privilégiée, aux yeux du plus grand nombre des mathématiciens.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur un cas de télétoxie récemment mis à jour.* Note de M. **Gabriel Bertrand.**

Dans un important et très intéressant Mémoire publié en 1934, sur les associations végétales ([1]), R. Monilier a fait connaître qu'en Provence Occidentale, là où se développent soit le Romarin officinal, soit la Bruyère multiflore, la première de ces plantes en association avec quelques autres dont *Lithospermum fruticosum* et la seconde surtout avec *Helianthemum lavandulæfolium,* on ne rencontre pas pour ainsi dire de plantes annuelles, celles-ci étant néanmoins répandues dans le voisinage.

A quelle cause attribuer ce phénomène? R. Monilier l'a cherchée dans la nature du sol, dans le manque de lumière, de place ou de porte-graines, dans l'altitude ou la pente du terrain; il n'a pas réussi à la reconnaître. Il lui a paru qu'en dernière analyse il ne restait à la trouver que dans l'étude des propriétés biologiques ou microbiologiques du sol; « il est possible, écrivait-il, que certaines espèces l'empoisonnent littéralement par des sécrétions radiculaires; il est possible aussi que les microorganismes et les Cryptogames jouent dans le sol un rôle beaucoup plus important que celui qu'on leur connaît déjà ».

Il restait une autre hypothèse, celle de l'accaparement par les espèces dominantes de certains éléments rares du sol qui ne sont plus alors en proportions suffisantes pour nourrir les espèces annuelles.

G. Deleuil s'est intéressé récemment à ce curieux phénomène. Il a été conduit à envisager son explication par la présence dans le sol d'une substance toxique et vient de publier une série d'expériences probantes de cette présence. Il a même découvert que les espèces caractéristiques des associations du Romarin et de la Bruyère mentionnées ci-dessus produisent une substance soluble dans l'eau qui, se répandant dans le sol où elles ont pris pied, le rend nocif aux plantes annuelles ([2]).

On se trouve donc ici devant un cas nouveau et très typique de défense du milieu nutritif par *télétoxie* ([3]). Ce cas n'a pas la simplicité de celui où, par émission de bufotaline, le Crapaud interdit à la Grenouille le milieu

---

([1]) *Ann. du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille,* **27**, Mémoire I, 1934, 27 pages et 4 planches.

([2]) *Comptes rendus,* **230**, 1950, p. 1362

([3]) *Comptes rendus,* **221**, 1945, p. 525.

où il s'accouple et pond ses œufs, c'est-à-dire du cas où une espèce déterminée triomphe d'une autre espèce également déterminée. Il est beaucoup plus complexe, car il s'agit cette fois d'un conflit entre deux groupes d'espèces formés l'un et l'autre de plantes phanérogames et qui, plus est, sont fort différentes au point de vue de la Systématique : le premier groupe comprend des plantes vivaces, produisant soit une même substance toxique, soit des substances d'une toxicité très voisine, le second des plantes offrant le caractère commun d'être annuelles et d'une grande sensibilité au poison des précédentes.

Il devient de plus en plus probable que la télétoxie intervient dans un grand nombre de phénomènes naturels.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Programme de reboisement, de lutte contre la sécheresse et d'aménagement agraire en Afrique Occidentale française.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Dans deux Notes précédentes [1] nous avons appelé l'attention sur l'appauvrissement de l'A. O. F. et spécialement du Soudan et du Niger français, l'ensablement, la latérisation amenant la ruine des sols, enfin la disparition progressive de l'eau à la surface du sol pendant la saison sèche alors qu'elle s'écoule violemment dans la plupart des cours d'eau pendant la saison des pluies, charriant ainsi non des alluvions fertiles, mais surtout des sables déjà latéritisés qui n'ont guère de valeur agricole si l'on cherche à les utiliser pour faire des cultures irriguées. Les principales causes de cet appauvrissement sont le déboisement, l'extension des feux de brousse, le raccourcissement de la durée des jachères. Si la décadence continue il viendra un moment assez proche où les 15 ou 20 millions d'Africains de ces pays ne pourront plus cultiver leurs plantes vivrières usuelles et produire ce qui est nécessaire à leur alimentation. Les famines reviendront comme dans le passé. Autrefois elles étaient dues aux guerres, à l'esclavage et aux déplacements fréquents de population par des tyranneaux africains. Aujourd'hui ces fléaux ont disparu, mais ce sont les défectueuses techniques agricoles, forestières et pastorales qui se sont établies. La végétation de ces pays n'est plus entretenue et traitée comme il conviendrait. Les feux de brousse et le déboisement se sont étendus considérablement. Le sol est lessivé ou emporté ; l'humus ne forme même plus une mince pellicule à la surface quand arrivent les pluies. Des pyrophytes et surtout des Graminées ubiquistes à chaumes élevés (Andropogonées) s'installent partout dans les jachères et serviront ensuite d'aliments aux feux errants

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1550 et 1720.

entraînant la stérilisation des sols là où ils subsistent encore. Le pays va ainsi à la ruine.

A l'arrivée des Européens il y une cinquantaine d'années, le déboisement et les feux étaient beaucoup moins actifs. Il y avait déjà des vastes plateaux stériles, mais la bovalisation et la latéritisation ne progressaient pas comme de nos jours, les collines étaient encore couvertes de forêts xérophiles même dans les régions steppiques. Il existait aussi de nombreux bois sacrés où la végétation forestière était conservée intacte. On ne manquait pas de terres cultivables et les jachères duraient longtemps. Il est grand temps de revenir aux vieilles méthodes. Nous avons indiqué dans une Note précédente les mesures générales à prendre. Nous la complétons ici.

Reboisement. — Cette opération sera coûteuse, mais elle est plus nécessaire et urgente que d'autres travaux projetés à l'heure actuelle. Ce n'est pas seulement aux services forestiers qu'il appartient de l'entreprendre, mais il faut y intéresser tous les Africains, évolués et ruraux et dans chaque village l'instituteur blanc ou noir devrait attacher à cette œuvre tous les écoliers et créer près de l'école un jardin ou un parc clôturé des arbres les plus utiles avec une petite pépinière de jeunes arbres fruitiers ou autres à transplanter chez eux. J'ai constaté au cours de mon récent voyage que de jeunes Noirs demandaient souvent qu'on leur donne des seedlings d'arbres utiles pour les planter près de leurs cases. Près de chaque chef-lieu de canton devrait exister une grande pépinière clôturée, entretenue par la collectivité (ou la coopérative) et dont les plants de jeunes arbres seraient distribués gratuitement à toute la population aux époques où la reprise est facile. Au besoin prescrire l'arrosage quand c'est nécessaire. Il est souhaitable qu'on fasse renaître la coutume si poétique des anciens bois sacrés. Un petit bois de 2 à 5 hectares suffirait. Laisser à ce sujet la plus grande initiative aux Noirs, mais les encourager. L'établir autant que possible au bord d'un ruisseau permanent ou d'une rivière. Au bout de dix ans environ la plupart des arbres auraient déjà une belle taille, si les espèces étaient bien choisies. Quant aux services forestiers, c'est à eux qu'il appartient de reboiser les rives des fleuves et des rivières ainsi que les abords des villes, le déboisement actuel dans ces endroits étant dû surtout aux coupes exagérées. Il ne faut plus se borner à planter des alignements d'arbres le long des routes, mais créer, surtout près des villes, des forêts artificielles de Cailcedrats et d'autres arbres utiles sur des emplacements bien choisis et ayant dès le début quelques dizaines d'hectares.

Entretenir les réserves forestières déjà existantes, en créer d'autres et y supprimer les feux de brousse.

Conservation de l'eau en surface en saison sèche. — L'eau s'écoule de plus en plus rapidement vers les grandes rivières et les fleuves dans les zones soudanienne et guinéenne, et une grande partie des ruisseaux des moyens

cours d'eau autrefois permanents sont aujourd'hui taris pendant une partie de la saison sèche. On y maintiendra l'eau courante en faisant çà et là de petits barrages et aussi en reconstituant les galeries forestières, en replantant des arbres qui peuvent vivre dans ces stations, en créant par places de petits étangs, tout en veillant à ce qu'il ne s'établisse pas des peuplements de tsé-tsés nocives à l'Homme ou aux troupeaux.

Il ne s'agit pas de créer d'immenses réservoirs dans les vallées hautes où l'on couvrirait d'eau des terres utiles à l'agriculture, mais de la retenir plutôt dans le lit des rivières par des biefs rapprochés. Les grands barrages fluviaux pour créer d'immenses terrains d'irrigation comme celui de l'Office du Niger (qu'il faut maintenir puisqu'il existe déjà) ne sont pas selon nous la meilleure utilisation de l'eau dans ces pays où les populations agricoles sont très dispersées et peu disposées à quitter les cantons où ils sont nés. Mieux vaut faire l'irrigation sur des emplacements assez restreints et ne pas développer partout la riziculture. Dans la zone sahélienne, entretenir les puits, les mares permanentes et lutter contre leur ensablement. Dans les pays où s'étend à l'hivernage les inondations du Niger et du Sénégal, et où il existait autrefois des vastes terres de qualité, utilisables pour diverses cultures autres que le riz irrigué, il importe de maintenir par des travaux hydrauliques chaque année (même pendant les années peu pluvieuses) l'accès de l'eau dans ces bassins.

Aménagement agraire. — Les terres cultivables, après de longues jachères arborées étaient autrefois entièrement collectives et il existait pour chaque village un chef de la terre qui assignait à chaque famille ce qui pouvait être cultivé temporairement. Certains territoires sans doute n'étaient jamais cultivés et seuls quelques chasseurs s'y rendaient et avaient le loisir d'y allumer de grands feux de brousse qui ont fait autrefois déjà de grands ravages. Aujourd'hui par suite de la fatigue des sols cultivables, des jachères de plus en plus courtes, on recherche des terres même très loin des villages permanents. La culture nomade était autrefois moins nuisible car on pratiquait la culture des espèces vivrières plus variées qu'aujourd'hui. L'extension de la culture de l'arachide a été plus nuisible qu'utile à la conservation de la fertilité des sols. La propriété familiale permanente paysanne est en train de s'organiser presque partout en Afrique noire et je pense qu'on doit l'encourager, mais il faudrait arriver à la culture permanente des mêmes champs en clôturant ceux-ci par des branches épineuses ou mieux par des haies vives qui ont l'avantage d'arrêter le sable qui forme ainsi des bourrelets à l'extérieur du champ et l'eau au moment des pluies est retenue sur le champ même et s'infiltre dans le champ. Sur ces champs permanents la fumure est indispensable, d'où la nécessité d'un cheptel qui devrait fournir outre les animaux de labour du bétail donnant de l'engrais et quelques vaches laitières, en certaines régions des moutons métissés et une basse-cour améliorée. Sur le pourtour des champs on plantera des arbres utiles : Karités, Nétés, Manguiers, Rôniers, des arbres fourragers

et notamment le *Faidherbia*. On vulgarisera le labourage à la charrue légère, la planification des terres, l'emploi des engrais verts, les assolements rationnels, la culture des meilleures plantes vivrières, des oléagineux et du coton sélectionné, en guidant les paysans par de nombreux moniteurs formés dans des écoles agro-sylvo-pastorales avec des maîtres compétents et familiarisés avec la vie paysanne africaine.

M. **Emmanuel de Martonne** fait hommage de la septième édition, revue et corrigée, de son *Traité de Géographie physique*, en trois volumes.

DESIGNATIONS.

MM. **Camille Gutton**, **Pierre Lejay**, Membres de l'Académie, **Paul Abadie**, **André Angot**, **André Blanc-Lapierre**, **Robert Bureau**, **Henri Chireix**, **Pierre David**, **Bernard Decaux**, **Jean Denisse**, **Stéphane Estrabaud**, **Marius Laffineur**, **Gérard Lehmann**, **Dimitri Lepechinsky**, **Julien Loeb**, **Édouard Picault**, **René Rivault**, **Étienne Vassy**, **Jean Ville**, **Jean Voge** sont désignés pour représenter la France à l'Assemblée générale de l'*Union Radioscientifique internationale* qui se tiendra à Zurich, en septembre 1950.

PRESENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *Paul Mondain-Monval* obtient 57 suffrages contre 5 à M. *Guy Emschwiller*; il y a un bulletin blanc et 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *Guy Emschwiller* obtient 50 suffrages contre 2 à M. *Robert Darmois*; il y a 4 bulletins blancs et 3 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Paul Mondain-Monval**.
En seconde ligne .... M. **Guy Emschwiller**.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Mathématiques en vue des applications aux Arts et Métiers, vacante au même Conservatoire, pour la première ligne, M. *Maurice Parodi* obtient 43 suffrages contre 10 à M. *André Lamothe* et 8 à M. *Alexis Hocquenghem*; il y a 1 bulletin blanc et 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *Alexis Hocquenghem* obtient 39 suffrages contre 18 à M. *André Lamothe*; il y a 4 bulletins blancs.

Pour la troisième ligne, M. *André Lamothe* obtient 14 suffrages, il y a 31 bulletins blancs et 3 bulletins nuls.

Le seul candidat n'ayant pas obtenu la majorité absolue des suffrages, il ne sera pas fait de présentation en troisième ligne.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Maurice Parodi**.
En seconde ligne........... M. **Alexis Hocquenghem**.

PLIS CACHETÉS.

M. **Albert Portevin**, en son nom et en celui de M. **Étienne Pretet**, décédé, demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 3 juin 1935 et enregistré sous le n° 11 046.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Les « flocons » dans les pièces d'acier*.

(Renvoi à la Division des applications de la science à l'industrie.)

CORRESPONDANCE.

M. **Arthur Vernes** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *Richard Fosse*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale :

1° Secrétariat général à l'Aviation civile et commerciale. Météorologie Nationale. *Climatologie appliquée*, par Joseph Sanson. I. *Texte:* II. *Planches* (Édition de 1943 révisée en 1948).

2° Paul Couderc. *L'Expansion de l'Univers* (présenté par M. Borel).

3° Direcção geral de minas e serviços geológicos. *Bibliografia hidrológica do império português*, par Luís de Menezes Corrêa Acciaiuoli. 1er volume.

AXIOMATIQUE. — *Sur l'axiome de Pasch considéré comme axiome d'espace.* Note de M. **Jean Favard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

En admettant comme axiome d'incidence que par deux points passe une droite et une seule, puis les axiomes de l'ordre relatifs aux points d'une droite, il est possible de construire le plan et l'espace de la géométrie élémentaire à condition d'énoncer l'axiome de Pasch sous une forme qui en fait un axiome d'espace.

On sait qu'en géométrie projective une construction du plan est possible une fois admis les axiomes de l'ordre cyclique des points sur la droite projective et l'axiome de Pasch sous sa forme projective.

On peut montrer qu'un résultat analogue vaut en géométrie élémentaire, c'est-à-dire qu'en admettant d'abord comme axiome d'incidence que par deux points passe une droite et une seule, puis les axiomes de l'ordre des points d'une droite (deuxième groupe d'axiomes de Hilbert), il est possible de construire le plan, et même un espace à un nombre quelconque de dimensions, à conditions d'énoncer l'axiome de Pasch sous la forme suivante qui en fait un axiome d'espace :

Étant donnés trois points a, b, c, non en ligne droite (mais à cela près quelconques), *soit c' un point de la droite ab* non situé entre a et b, *b' un point* situé sur la droite ac entre a et c, *alors la droite $b'c'$ coupe la droite bc en un point a'* situé entre b et c.

I. Soient donc a, b, c, trois points qui ne sont pas en ligne droite, désignons par A l'ensemble des points des droites ab et ac et des droites obtenues en joignant a à un point a' de la droite bc, situé entre b et c, par B et C les ensembles analogues construits à partir de b et de c respectivement; nous appelons *plan* défini par les trois points a, b, c (ou plan abc) la réunion des ensembles A, B et C.

Pour montrer que cette réunion mérite bien le nom de plan, on établit successivement les résultats suivants :

1° toute droite joignant un point a, b, ou c à tout autre point du plan appartient au plan ;

2° soient b' et c' deux points situés respectivement entre a et c et entre a et b, alors la droite $b'c'$ appartient au plan;

3° toute droite joignant un point de la droite bc à un point quelconque du plan appartient au plan ;

4° soit d un point quelconque du plan abc, non situé sur la droite bc, les deux plans abc et bcd coïncident.

Il suit de là que le plan contient toute droite joignant deux quelconques de ses points et qu'il peut être défini par trois quelconques de ses points qui ne sont pas en ligne droite.

II. En admettant qu'il existe dans l'espace quatre points a, b, c, d qui ne

sont pas dans un même plan, on appelle AB l'ensemble des points appartenant à l'un ou l'autre des plans *abc* ou *abd*, ou aux plans passant par *ab* et par un point *e* situé sur *cd* entre *c* et *d*; les ensembles AC, AD, BC, BD, CD se définissent d'une manière analogue.

La réunion de tous ces ensembles constitue l'*espace abcd* = E; on démontre successivement que E possède les propriétés suivantes :

1° toute droite joignant un point *a*, *b*, *c* ou *d* à un autre point de E appartient à E;

2° toute droite joignant un point de l'une des droites *ab*, *ac*, *ad*, *bc*, *bd*, *cd* à un point de E appartient à E; il s'ensuit que tout plan passant par l'une de ces droites et un point quelconque de E appartient à E;

3° toute droite joignant un point d'un plan tel que *bcd* à un point de E appartient à E;

4° soit *e* un point de E non situé dans le plan *bcd*, l'espace *ebcd* coïncide avec E;

5° toute droite joignant deux points de E appartient à E; il s'ensuit que tout plan défini par trois points de E appartient à E;

6° étant donnés quatre points a', b', c', d' de E, non situés dans un même plan, ils définissent un espace identique à E.

7° deux plans distincts de E ayant un point commun ont une droite commune.

III. A partir de là on peut, soit construire de proche en proche, par des considérations analogues, des espaces de dimension de plus en plus élevée, après l'introduction d'axiomes de non-épuisement, soit mettre fin à la construction par un axiome d'épuisement.

L'existence de géométries planes dans lesquelles le théorème de Desargues n'est pas vérifié s'exprime en disant que ces géométries ne peuvent être prolongées en des géométries de l'espace où l'axiome est toujours vérifié; cette remarque me semble situer exactement le problème du prolongement d'une géométrie plane en une géométrie de l'espace.

Les démonstrations des résultats annoncés, bien que simples, sont parfois longues, elles ne sauraient trouver place ici.

ANALYSE COMBINATOIRE. — *Sur un problème de configurations.*

Note (*) de M. **Jacques Touchard**, présentée par M. Elie Cartan.

L'étude d'une question connue sous le nom de *problème des timbres-poste* m'a conduit à me poser le problème suivant, plus facile : Ayant $2n$ abscisses sur un axe horizontal, on les joint deux à deux par n arcs convexes, situés

(*) Séance du 31 mai 1950.

au-dessus de l'axe. On obtient ainsi 1, 3, 5, ... $(2n-1)$ configurations et l'on demande le nombre de celles qui ont p points doubles.

Représentons une configuration par 1, si elle n'a pas de points doubles, par x^p, si elle a p points doubles; l'ensemble des configurations de n arcs sera représenté par un polynôme $T_n(x)$.

Nous dirons que deux arcs C_1 et C_2 appartiennent à un même système si l'un recouvre l'autre ou si l'un coupe l'autre, ou si un troisième arc C_3 recouvre C_1 et C_2, ou recouvre l'un et coupe l'autre, ou les coupe tous les deux. Les configurations, formant un système unique, seront représentées par un polynôme $S_n(x)$ et la détermination de $T_n(x)$ se ramène aisément à celle de $S_n(x)$.

Cela étant, soit $a_1 = 1, \ldots, a_p = 1 + x + x^2 + \ldots + x^{p-1}$, on a $S_n(x) = R_n(a_1, a_2, \ldots, a_n) = R_n(a)$, R_n étant un polynôme homogène en $a_1, a_2, \ldots, a_n$, dont l'expression est, pour $n \geqq 2$

$$R_n(a) = a_1 a_2 \sum_{i_1=2}^{3} \sum_{i_2=2}^{1+i_1} \sum_{i_3=2}^{1+i_2} \cdots \sum_{i_{n-2}=2}^{1+i_{n-3}} a_{i_1} a_{i_2} \ldots a_{i_{n-2}}.$$

Ces polynômes sont faciles à former de proche en proche, à l'aide d'un triangle qui généralise un triangle arithmétique, connu sous le nom de triangle de Delannoy. Soit, de plus, $S(x, z)$ la fonction génératrice des polynômes $S_n(x)$ ou $R_n(a)$, on a

$$(1) \qquad S(x, z) = \sum_{1}^{\infty} R_n(a) z^n = \cfrac{a_1 z}{1 - \cfrac{a_2 z}{1 - \cfrac{a_3 z}{1 - \ldots}}}$$

et la fraction continue s'exprime comme suit :

Posons

$$2z\varphi(z) = 1 - \sqrt{1-4z} \qquad \text{et} \qquad A(q, u) = 1 + qu + q^3 u^2 + \ldots + q^{\frac{p(p+1)}{2}} u^p + \ldots,$$

série qui se rattache aux fonctions θ de Jacobi; on a

$$1 - S[x, (1-x)z] = \frac{1 - z\varphi(z)}{A[x, 1-\varphi(z)]}.$$

Cette formule résout la question. La fonction génératrice des polynômes $T_n(x)$ s'exprime par une fraction continue analogue et d'autres propriétés intéressantes concernent les systèmes propres, c'est-à-dire les systèmes qui n'ont pas de sous-systèmes.

Enfin, l'égalité entre le deuxième et le troisième membres de la formule (1) exprime une propriété nouvelle et générale des fractions continues. On peut y donner aux lettres a_i une signification quelconque et le deuxième membre donne le développement en série de la fraction continue, sans avoir recours à la formation de ses réduites.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Quelques propriétés des relations difonctionnelles.* Note de M. **Jacques Riguet**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous appellerons *fermeture difonctionnelle* d'une relation binaire quelconque R entre éléments de l'ensemble E la relation

$$\ddddot{R}=\overline{R\overset{-1}{R}R}=\overline{R\overset{-1}{R}}R=\overline{R\overset{-1}{R}}R\overline{\overset{-1}{R}R},$$

(on montre facilement l'identité de ces trois expressions dans chacune desquelles $\overline{}$ indique la fermeture transitive de la relation sur laquelle elle porte).

$\ddddot{}$ est une C fermeture (¹) $\left(\text{c'est-à-dire } \ddddot{\ddddot{R}}=\ddddot{R} \text{ et } R_1\subset R_2\rightarrow \ddddot{R}_1\subset\ddddot{R}_2\right)$. On montre alors que $\ddddot{R}$ est difonctionnelle (²) et que *la condition nécessaire et suffisante pour qu'une relation soit difonctionnelle est qu'elle soit fermée au sens de la fermeture* $\ddddot{}$, autrement dit qu'elle soit identique à sa fermeture difonctionnelle.

On démontre sans difficulté que $\overset{-1}{\ddddot{R}}\ddddot{R}=\overline{\overset{-1}{R}R}=\overset{-1}{R}\ddddot{R}=\overset{-1}{\ddddot{R}}R$ est une quasi-équivalence (³) sur E, que $\ddddot{R}\overset{-1}{\ddddot{R}}=\overline{R\overset{-1}{R}}=\ddddot{R}\overset{-1}{R}=R\overset{-1}{\ddddot{R}}$ est une quasi-équivalence sur F, que l'on a $\ddddot{R}(E)=R(E)$, $\overset{-1}{\ddddot{R}}(F)=R(F)$ et que $R\overset{-1}{\ddddot{R}}\ddddot{R}=\ddddot{R}\overset{-1}{\ddddot{R}}R=\ddddot{R}$.

On sait (⁴) que, si $R\subset E\times F$ est une relation difonctionnelle, il existe une correspondance biunivoque entre $\overset{-1}{R}(F)/\overset{-1}{R}R$ et $R(E)/R\overset{-1}{R}$.

Si l'on considère alors une relation R quelconque entre les éléments des ensembles E et F et si l'on applique à $\ddddot{R}$ cette proposition, on a alors immédiatement, d'après les propriétés de $\ddddot{R}$ données ci-dessus, l'énoncé plus général

---

(¹) Les notations et concepts employés ici sont ceux de J. Riguet, *Relations binaires, fermetures et correspondances de Galois* (*Bull. Soc. math. France*, **76**, 1948, p. 114-155). Rappelons que $\overline{R}$ désigne la fermeture transitive de R.

(²) C'est-à-dire telle que $R\overset{-1}{R}R\subset R$. Cf. *op. cit.* p. 131. Un exemple très simple de relation difonctionnelle est donné par la relation d'alignement R des points $x\in E$, $y\in F$ de deux ensembles de points E et F de l'espace euclidien avec un point fixe O.

Soit G un plan ne passant pas par O. Alors la relation d'alignement Σ_1 d'un point de E et d'un point de G avec O est quasi fonctionnelle, de même que la relation d'alignement Σ_2 d'un point de F et d'un point de G avec O et l'on a $R=\overset{-1}{\Sigma}_2\Sigma_1$. Comme il est mentionné ci-après, ceci est une propriété générale.

(³) C'est-à-dire une relation symétrique et transitive.

(⁴) Cf. *op. cit.*, p. 134.

suivant qui est, à très peu près, celui donné par *M. L. Dubreil-Jacotin* dans une Note récente ([5]).

Si $R \subset E \times F$ *est une relation binaire quelconque entre éléments des ensembles* E *et* F, $\overline{R\overset{-1}{R}}$ *est une relation d'équivalence sur* $\overset{-1}{R}(F)$, $\overline{R\overset{-1}{R}}$ *est une relation d'équivalence sur* $R(E)$, *et la relation qui, à* $\overline{\overset{-1}{R}R}(x)$ *fait correspondre* $R\overline{\overset{-1}{R}R}(x)$, *et à* $\overline{R\overset{-1}{R}}(y)$ *fait correspondre* $\overset{-1}{R}\overline{R\overset{-1}{R}}(y)$, *est une application biunivoque* (qu'on dira canonique) *de* $\overset{-1}{R}(F)/\overline{\overset{-1}{R}R}$ *sur* $R(E)/\overline{R\overset{-1}{R}}$.

On sait qu'une condition nécessaire et suffisante pour qu'une relation R entre éléments d'un ensemble E soit une relation de quasi-équivalence (respectivement d'équivalence) est l'existence d'un ensemble F et d'une relation quasi fonctionnelle Σ (respectivement fonctionnelle) tels que $R = \overset{-1}{\Sigma}\Sigma$. Ceci se généralise aux relations difonctionnelles sous la forme suivante :

Pour qu'une relation R *soit une relation difonctionnelle entre les éléments des ensembles* E *et* F, *il faut et il suffit qu'il existe un ensemble* G, *une relation quasi fonctionnelle* Σ_1 *de* E *dans* G, *et une relation quasi fonctionnelle* Σ_2 *de* F *dans* G, *tels que* $R = \overset{-1}{\Sigma}_2\Sigma_1$.

Cette proposition donne un procédé pratique pour construire des relations difonctionnelles.

Par exemple, si E et F sont deux ensembles de points de l'espace euclidien, G un plan et o_1 et o_2 deux points fixes, la relation entre un point x de E et un point y de F : « *les droites* xo_1 *et* yo_2 *se coupent sur* G » est difonctionnelle.

Le produit de deux relations difonctionnelles n'est pas en général une relation difonctionnelle, mais, *si* Σ *est quasi fonctionnelle et si* R *est difonctionnelle,* $R\Sigma$ *est difonctionnelle et* $\overset{-1}{\Sigma}R$ *aussi.*

SÉRIES DIVERGENTES. — *L'interpolation idéale par les expressions non uniformes.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans un ouvrage antérieur ([1]) nous avons, en vue de la théorie générale des séries divergentes, introduit un mode d'interpolation dit « interpolation idéale » caractérisé par la *clause de transformation*, c'est-à-dire par le fait qu'appliqué à une suite illimitée de données y_p, il conserve les transformations

---

([5]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 806-808. La démonstration donnée dans cette Note revient au fond à la proposition suivante : Pour que K soit un rectangle maximal de $\ddddot{R}$ il faut et il suffit que $K = \overline{R\overset{-1}{R}}K = K\overline{\overset{-1}{R}R}$.

([1]) *Théorie et pratique des séries divergentes* (*Publ. Scient. et Tech. Minist. Air*, série grise, n° **207**, Paris 1947.

uniformes appliquées à ces données; l'algorithme dit « formule de l'infini » donne (*loc. cit.*, § 5, 11) un moyen théorique de calculer l'interpolée idéale.

Si les données sont, non seulement monotones, mais d'allure régulière, aucune difficulté de principe n'apparaît. Mais là où il y a ondulation ou peut-être inflexion, il devient nécessaire d'interpréter la définition, et le but de la présente Note est de rectifier une inexactitude (*loc. cit.*, §§ 2, 34 et 5, 1523) en apportant une solution correcte.

Partons de la suite $+1, -1, +1, -1, \ldots$. Si nous élevons au cube ces données, nous retrouvons la même suite, donc l'interpolée idéale serait une fonction reproduite par son élévation au cube, ce qui est impossible si la fonction est cherchée uniforme. Mais si l'on prend pour interpolée la fonction $f(x; k) = e^{(2k+1)\pi x i}$, l'élévation au cube donne $f(x; 3k+1)$, et il suffit de convenir qu'on ne distinguera pas entre les *diverses* déterminations de la fonction multiforme $(-1)^x$ introduite.

Soit maintenant la suite $1, 0, 1, 0, 1, \ldots$. Une élévation au carré la reproduisant, nous aurons sûrement l'interpolée idéale, bien que nous ignorions comment la relier aux données y_p, si la fonction adoptée est reproduite par une élévation au carré, ce qui, là encore, n'est possible que si elle n'est pas uniforme. On est conduit à prendre pour interpolée $f(x) = [1^x + (-1)^x] : 2$, et soit donc la branche particulière

$$f(x; k; k') = [e^{2k\pi x i} + e^{(2k'+1)\pi x i}] : 2,$$

dont le carré se formule

$$[f(x; k; k')]^2 = [f(x; 2k; k+k') + f(x, 2k'+1; k+k')] : 2.$$

On trouve de même, la décomposition n'étant plus unique dès que la puissance n dépasse 2

$$[f(x; k; k')]^3 = [f(x; 3k; 2k+k') + 2f(x; k+2k'+1; 2k+k') + f(x; k+k'+1; 3k'+1)] : 4.$$

En particulier, on peut systématiquement représenter la puissance $n^{\text{ième}}$ par une combinaison linéaire de n branches ayant pour poids respectifs $2^{1-n}C^j_{n-1}$.

Si l'interpolée idéale est formée de deux fonctions multiformes et non d'une seule, la règle devient donc plus complexe : la transformée est une moyenne pondérée de plusieurs déterminations.

On voit, en résumé, par ces considérations très élémentaires, que si l'interpolation idéale introduit des expressions multiformes, la conservation véritable des transformations, qu'eût exigée l'idéalité, est remplacée par une conservation *symbolique* qui n'apparaît sous un jour conservatif que si l'on convient de ne pas distinguer entre les branches.

Cette généralisation n'est pas gratuite et imprévue, elle est *corrélative* du sens que doit souvent recevoir l'expression $\lim_{|z|=\infty}$ qui figure dans la *formule*

de l'infini : si une certaine fonction de z est écrite, nous devons imaginer qu'elle est éventuellement dissociée en composantes pour *chacune* desquelles le module croît indéfiniment avec une valeur *particulière* de l'argument. Ici, la fonction de z introduite par l'interpolation est une expression non uniforme que l'on décomposera en explicitant (la somme des amplitudes étant égalée à l'unité) des branches différenciées par l'argument, et que l'on choisira pour que soit vérifiée la condition d'idéalité. S'il s'agit de la suite 1, 0, 1, 0, 1, ..., on trouve que l'interpolée idéale est la limite, pour $|z|$ infini, de $\{[(1+z)/z]^x+[(1-z)/z]^x\}/2$. On donnera à z certains des arguments $2\lambda\pi$ ou $(2\lambda+1)\pi$, λ étant entier, et l'on obtiendra à volonté l'une des expressions considérées plus haut.

Mais que devient dans tout cela l'*unicité* nécessaire de l'interpolée idéale? On remarque que les diverses branches des fonctions multiformes introduites vérifient non seulement les conditions imposées aux y_p données, mais (*loc. cit.*, § 2, 353) de *nouvelles* conditions, que vérifient aussi les ultérieures transformées par loi uniforme. Ainsi, $f(x; 1; 0)$ s'annule aussi, quant à sa partie *réelle*, pour $x = 2n \pm 1/3$ (n étant entier).

Au sens *généralisé* indiqué, les transformées de l'interpolée idéale interpolent bien, entre les transformées des données, de la même manière que l'interpolée, et nous satisfaisons donc à la définition; mais nous avons, en même temps, introduit des liaisons *étrangères*, et, pour résoudre effectivement le problème d'interpolation posé, et non un autre *plus* strict, nous devons choisir, parmi les diverses branches possibles, *la seule* qui n'impose que les conditions données. Ainsi se concilient la clause de transformation et l'unicité de la solution. En l'espèce, l'interpolée idéale entre 1, 0, 1, 0, 1, 0, ... est seulement l'expression, uniforme parce que *réduite* à une seule branche, $(1+e^{\pi x i})/2$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les deux régimes d'oscillation d'un liquide pesant et visqueux dans un tube en* U. Note (*) de M. **Jacques Valensi**, Mlle **Claire Clarion** et M. **Frederic Zerner**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'amortissement des petites oscillations admet en fonction du paramètre de J. Valensi une expression différente selon que ce paramètre est grand ou petit. Cela peut s'expliquer par la nature du profil des vitesses.

Lorsque le paramètre est supérieur à 70, l'amortissement est fonction de l'amplitude des oscillations; cette variation est liée à l'apparition d'un harmonique tourbillonnaire.

Dans une Note précédente Mlle Clarion a montré que les résultats des mesures concernant l'amortissement des petites oscillations d'un liquide dans un tube en U, sont en accord avec la théorie établie avec l'hypothèse d'un écoulement parallèle jusqu'à $R^2\omega_p/\nu = 500$. Il ne semble donc pas que l'exis-

(*) Séance du 22 mai 1950.

tence de deux régimes d'oscillation lorsque $R^2 \omega_p/\nu$ varie de 3,5 à 500 puisse être expliquée par l'apparition de la turbulence. Par contre une explication valable est fournie par l'observation des déplacements à l'aide de la méthode des surfaces de séparation ([1]).

Il a été démontré théoriquement ([2]) que les oscillations forcées d'un liquide dans un tube circulaire possèdent un profil de vitesse parabolique si $R^2 \omega_p/\nu$ est petit. Dans le cas contraire ce profil admet deux maxima (effet annulaire de Richardson).

Or, pour des petites valeurs de $R^2 \omega_p/\nu$, la surface de séparation indique un profil parabolique [*voir* (1), *fig.* 1] tandis qu'elle met en évidence un maximum de vitesse au voisinage de la paroi pour $R^2 \omega_p/\nu = 41$ (*fig.* 1). D'autre part le

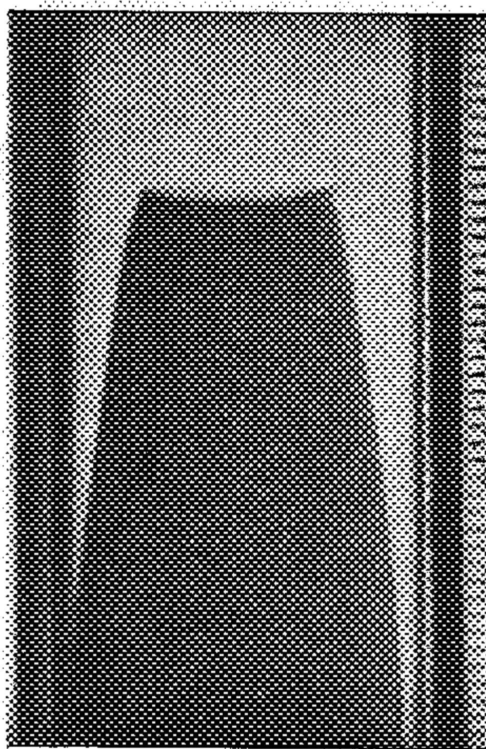


Fig. 1.

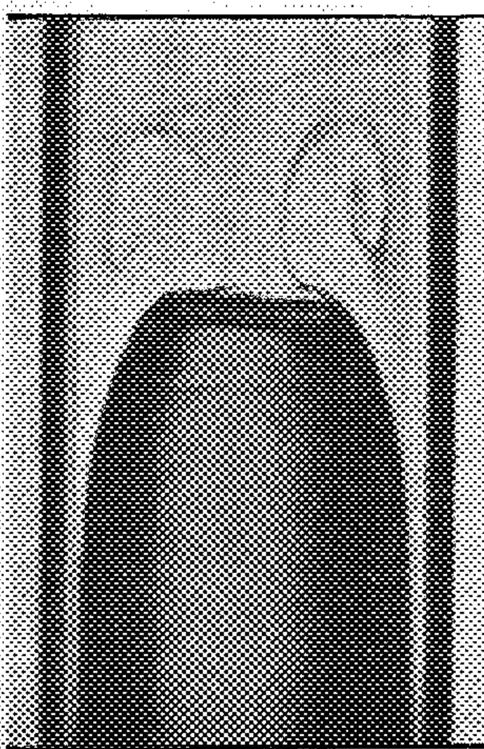


Fig. 2.

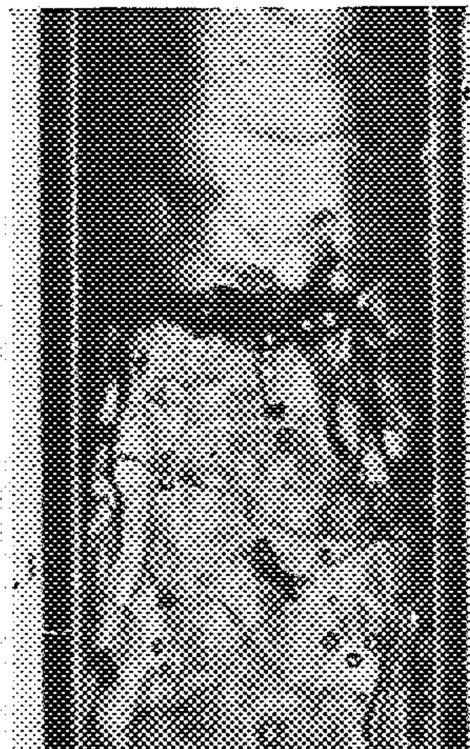


Fig. 3.

λ/ω_p correspondant à ce dernier cas est pratiquement donné par la formule du deuxième régime. La différence entre les expressions empiriques pour λ/ω_p correspondant aux premier et deuxième régimes, semble donc provenir de ce que dans le premier régime la couche limite remplit complètement la section du tube, tandis que dans le deuxième elle n'intéresse que le voisinage de la paroi. Pour préciser cette argumentation on peut calculer en s'inspirant de la théorie établie par Sexl ([2]) la valeur de $R^2 \omega/\nu$ pour laquelle le maximum de la vitesse moyenne cesse de se trouver sur l'axe du tube. On obtient ainsi aisément $R^2 \omega/\nu = 25$ et cette valeur du paramètre délimite effectivement d'après nos expériences, les deux régimes.

([1]) Valensi et Mlle C. Clarion, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 554.

([2]) S. F. Grace, *Phil. Mag.*, série 5, 1928, p. 933; Th. Sexl, *Ann. de Phys.*, 87, série 4, 1928, p. 570.

Par contre l'expérience montre que l'amortissement ne commence à être influencé par l'amplitude des oscillations que lorsque $R^2\omega_p/\nu > 70$ environ. Ce dernier effet doit donc avoir une autre cause.

La figure 2 montre la surface de séparation obtenue avec $R^2\omega_p/\nu = 330$, lors de la montée pendant la première oscillation. On voit que la surface de séparation indique un profil de vitesse du type Richardson, mais un mouvement tourbillonnaire est superposé qui doit provenir d'un harmonique. Lors de la deuxième montée le mouvement tourbillonnaire n'est que difficilement perceptible [*voir* (1), *fig.* 2]. Cet état de choses suggère que la variation de λ avec l'amplitude provient de l'apparition des harmoniques dont l'intensité dépend de l'amplitude des oscillations et dont l'influence sur l'amortissement disparaît progressivement quand l'amplitude décroît.

Cependant la figure 2 de (1) montre un fond tourbillonnaire très complexe presque turbulent. Cet effet semble dû à l'instabilité de la surface de séparation dans le mouvement de descente (*fig.* 3).

Bien qu'il ne soit pas encore possible de déterminer précisément quelle est l'influence de la surface de séparation sur le phénomène (la forme des tourbillons semble varier avec la hauteur de la colonne du fluide auxiliaire et l'amplitude), l'apparition du mouvement tourbillonnaire aux grandes amplitudes est nettement liée à une certaine valeur, (70), du paramètre de similitude indiqué par J. Valensi : quelle que soit l'amplitude des oscillations, aucun mouvement tourbillonnaire ne peut prendre naissance lorsque $R^2(\omega_p/\nu)$ est inférieur à 70.

ACOUSTIQUE. — *Sur les pressions de radiation des ondes sphériques.* Note de M. René Lucas, présentée par M. Jean Cabannes.

Les diverses recherches relatives aux pressions ou tensions de radiation des ondes acoustiques ont été, jusqu'ici, consacrées aux ondes planes progressives ou stationnaires. L'égalité des densités d'énergie cinétique et potentielle, soit en chaque point (ondes progressives), soit en moyenne (ondes stationnaires) ne permet pas de distinguer les rôles respectifs de ces formes d'énergie dans les pressions de radiation qui sont fréquemment exprimées en fonction de la densité *totale* d'énergie.

Le cas des ondes sphériques progressives est à ce point de vue intéressant; on sait en effet que près de la source (sphère pulsante de petite dimension vis-à-vis de la longueur d'onde) la densité d'énergie cinétique est supérieure à la densité d'énergie potentielle. Soient δp la pression acoustique créée par une sphère pulsante de rayon ε, Λ la longueur d'onde, V la vitesse du son, ω la pulsation, α l'amplitude de vitesse de la sphère, χ la compressibilité du fluide et r la distance de la région du fluide considérée au centre de la sphère, ρ la

masse spécifique du milieu

$$\delta p = \frac{\alpha\varepsilon^2\omega}{\varkappa r V^2}\cos\omega\left(t - \frac{r}{V}\right).$$

Le déplacement du fluide est

$$a = \frac{\alpha\varepsilon^2}{\omega}\left[-\frac{1}{r^2}\cos\omega\left(t-\frac{r}{V}\right) + \frac{2\pi}{r\Lambda}\sin\omega\left(t-\frac{r}{V}\right)\right].$$

Si dans l'expression de δp on remplace r par $\varepsilon + a$; en remplaçant dans a, r par ε, on aura la possibilité d'avoir la valeur de δv sur la surface mobile, et par suite d'avoir la valeur moyenne $(\overline{\delta p})_{r=\varepsilon} = \frac{1}{T}\int_0^T \delta p\, dt$ (T période) donnant la pression de radiation. On trouve ainsi $(\overline{\delta p})_{r=\varepsilon} = (1/2)\rho\alpha^2[1 + (\omega^2\varepsilon^2/V^2)]$ soit *deux fois la densité d'énergie cinétique au voisinage de la surface de la sphère pulsante. Cette valeur est très supérieure à la densité totale d'énergie* et concorde avec la valeur que l'on peut déduire du tenseur des pressions et quantités de mouvement de L. Brillouin ([1]).

Une comparaison intéressante peut être faite avec la valeur de la pression de radiation exercée par des ondes *stationnaires sphériques* sur la paroi réflectrice qui les renferme. L'évaluation peut en être faite en se servant de l'invariant de Boltzmann-Ehrenfest suivant une méthode déjà utilisée pour le problème des pressions de radiation des ondes planes stationnaires.

On trouve ainsi

$$\overline{\delta p} = \overline{W_p}\left(1 + 3\frac{d\,\mathrm{Log}\,V}{d\,\mathrm{Log}\,\rho}\right), \tag{1}$$

$\overline{W_p}$ désignant la densité moyenne d'énergie potentielle au voisinage de la sphère réflectrice, la quantité $d\,\mathrm{Log}\,V/d\,\mathrm{Log}\,\rho$ étant prise pour une transformation adiabatique.

On remarquera le facteur numérique 3, caractéristique du problème à symétrie sphérique, ce facteur ayant la valeur unité dans le cas des ondes stationnaires planes. Il est à présumer que pour des ondes stationnaires cylindriques, ce même facteur aurait la valeur 2.

Si l'on veut traiter le problème de la pression de radiation des ondes stationnaires planes, agissant sur un réflecteur parallèle d'étendue limitée, comme un cas particulier du problème des ondes sphériques de grand rayon, on pourrait hésiter entre la relation

$$\overline{\delta p} = \overline{W_p}\left(1 + \frac{d\,\mathrm{Log}\,V}{d\,\mathrm{Log}\,\rho}\right),$$

donnée par L. Brillouin pour des ondes planes et la relation (1). La contradiction entre ces deux résultats n'est qu'apparente si l'on considère le cas

([1]) *Les tenseurs en mécanique et en élasticité*, 1938, p. 302.

souvent réalisé en laboratoire, d'une source acoustique permanente, entretenant un état vibratoire stationnaire et une palette à pression de radiation telle celles utilisées pour l'étude des ultrasons. Dans ce cas le déplacement adiabatique du réflecteur soumis à la pression de radiation ne s'accompagne d'aucune altération de la masse spécifique ρ du fluide ni de la vitesse V du son, les termes en $d\,\text{Log}\,V/d\,\text{Log}\,\rho$ disparaissent et les deux relations conduisent au même résultat $\overline{\delta p} = \overline{W_p}$ ainsi qu'il semblait nécessaire *a priori*.

THERMODYNAMIQUE. — *Relation entre les chaleurs molaires de vaporisation et les tensions superficielles des liquides.* Note de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Une image statistique de la répartition des molécules d'un corps pris dans les états liquide et gazeux, à la même température, sous la pression normale, nous a conduit à une relation simple entre les tensions superficielles des corps simples ou composés et leur chaleur de vaporisation JL :

$$\lambda = \frac{JL - RT}{(N\varphi V)^{\frac{1}{3}}},$$

où φ est le volume molaire liquide, V le volume molaire du corps à l'état gazeux parfait, à la même température, sous la pression normale, N le nombre d'Avogrado.

Dans la méthode d'arrachement, la tension superficielle d'un liquide est mesurée par la force qu'il faut exercer sur les n molécules [A] réparties sur l'unité de longueur pour les séparer des molécules [B] (*figure*).

```
• • • • • • A
• • • • • • B
//////////////
```

Si d représente le côté du *cube moyen* occupé par une molécule prise à l'état liquide, à T°, sous la pression normale, la force f qu'il faut exercer sur une des molécules [A] pour l'arracher aux molécules [B] sous jacentes a pour expression

$$f = \lambda \times d.$$

Si φ représente le volume moléculaire liquide, N le nombre d'Avogrado

$$d = \left(\frac{V}{N}\right)^{\frac{1}{3}} \qquad \text{et} \qquad f = \lambda\left(\frac{V}{N}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Une force égale à f qui *déplacerait* son point d'application d'une longueur égale à la distance moyenne δ des molécules amenées à l'état gazeux parfait à la même température T, sous la pression normale, effectuerait un travail $W = f\delta$.

Si V représente le volume molaire gazeux

$$\delta = \left(\frac{V}{N}\right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{et} \quad W = \frac{\lambda(\rho V)^{\frac{1}{3}}}{N^{\frac{2}{3}}}.$$

Si l'on étend le calcul à N molécules, on trouve

$$W = \lambda(\rho V N)^{\frac{1}{3}}. \tag{1}$$

Si l'on représente par L la chaleur molaire de vaporisation, à la température T, la variation d'énergie interne molaire, au cours de la vaporisation est, en première approximation,

$$U = JL - RT. \tag{2}$$

En remplaçant dans les relations (1) et (2) L, ρ, V, λ par leurs valeurs expérimentales, on trouve que U et W sont très sensiblement égaux. Autrement dit

$$\lambda = \frac{JL - RT}{(\rho V N)^{\frac{1}{3}}}. \tag{3}$$

Dans le tableau suivant figurent les valeurs de λ calculées à partir de la relation (3) et les valeurs de λ fournies par l'expérience.

						λ	
Corps.	T°K.	$\rho^{\frac{1}{3}}$.	$V^{\frac{1}{3}}$.	JL (C.G.S.).	RT (C.G.S.).	calculé.	expérimental.
H_2	20,4	3,05	11,85	$0,92.10^{10}$	$1,7.10^9$	2,45	2,35
O_2	90	3,05	19,45	6,70	7,5	12,7	13
N_2	77,3	3,25	18,5	5,55	6,43	9,5	8,7
A	87,2	3,05	19,2	6,1	7,3	10,8	11
H_2O	373	2,65	31,2	40,5	31	54,2	58,5
NH_3	239,5	2,92	26,9	24,3	20	33,8	34,2
PH_3	185,6	3,54	24,7	16	15,6	19,8	20,4
SO_2	248	3,53	27,2	28	20,5	33,5	33,5
AsH_3	214,5	3,64	26	18,2	18	20,5	22
$CHCl_3$	273	4,33	28,2	33,4	23	30,2	30,4
CH_3I	303	3,96	29,2	29,2	25,3	27,5	28,6
CCl_4	293	4,77	28,8	33	24,4	26,5	26,8
C_2H_5Cl	283	4,13	28,4	25	23,5	22,8	21
C_2H_5Br	293	4,21	28,8	27,5	24,4	24,4	24,2
C_2H_5I	303	4,32	29,2	31,8	25,3	27,3	27,6
C_6H_6	293	4,46	28,8	34	24,4	28,8	28,9
C_7H_8	270	40,7	28,2	41,8	23	35,5	31
C_6H_{12}	303	5	29,2	32,5	25,3	24,3	23,8
C_5H_5N	300	4,31	29	42,2	25,2	37,5	37,5
C_6H_7N	457	4,76	33,5	42,7	38	28,8	24,8

Les températures choisies sont celles pour lesquelles les chaleurs de vaporisation ont été déterminées par calorimétrie directe ou déduites de la relation de Clapeyron.

On remarquera que pour les corps simples et les composés minéraux, ces températures sont les températures d'ébullition sous pression normale.

Les courbes $\lambda = f(T)$ qui représentent les variations de la tension superficielle en fonction de la température coïncident ou restent très voisines dans un large intervalle de température.

Les tensions calculées de certains corps classés parmi les liquides anormaux (alcools) sont nettement supérieures aux valeurs expérimentales, mais les courbes $\lambda_{exp} = f(T)$ et $\lambda_{calc} = f(T)$ sont parallèles. Enfin, dans une série homologue de ces corps anormaux (alcools), pour une température donnée, le rapport $\lambda_{calc}/\lambda_{exp}$ paraît constant.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la loi de variation, en fonction du potentiel appliqué de la résistance électrique des dépôts métalliques très minces.* Note de MM. **Boris Vodar** et **Nicolas Mostovetch**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons signalé récemment [1] des résultats expérimentaux relatifs à la résistance électrique des couches métalliques très minces. Nous essayons d'en donner une interprétation, basée sur l'examen d'environ 50 courbes.

Le résultat de cette étude est le suivant :

La variation de $\log(R_v/R_0)$ est linéaire en fonction de V (R_v étant la résistance sous le potentiel V) sauf aux très petits potentiels.

Étant donné les irrégularités habituelles des propriétés des couches très minces, il est utile de remarquer que cette loi est remarquablement bien vérifiée dans tous les cas étudiés jusqu'ici (*fig.* 1, 2 et 3). Aux faibles potentiels R devient presque constante; dans ce domaine, la loi de variation nous est encore mal connue; il semble que $\log(R_v/R_0)$ est alors linéaire en fonction de V.

Par les résultats antérieurs nous savons que nos couches très minces sont formées d'atomes ou de très petites particules métalliques assez éloignées les unes des autres pour qu'une énergie d'excitation Θ soit nécessaire pour porter l'électron dans une zone de conductibilité; cette énergie sera donnée par exemple par la hauteur de la barrière du potentiel entre deux particules (ou atomes) (*fig.* 4). Si nous supposons que la mobilité v ne varie pas avec le potentiel V, la variation de la conductibilité $\sigma = env$ sera donc due à la variation de n, nombre d'atomes excités. Étant donné la faible valeur des Θ, en principe, la variation de n peut être due à : 1° l'effet tunnel à travers la barrière, mais cet effet ne dépendant pas de T, il ne saurait expliquer nos résultats; 2° l'accélération des électrons par le champ c'est-à-dire une élévation

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 934.

de la température électronique; cet effet conduirait à $\log(R_v/R_0) = T/(T + lEk)$, E étant le champ, l le libre parcours et k une constante, ce qui donne l'ordre

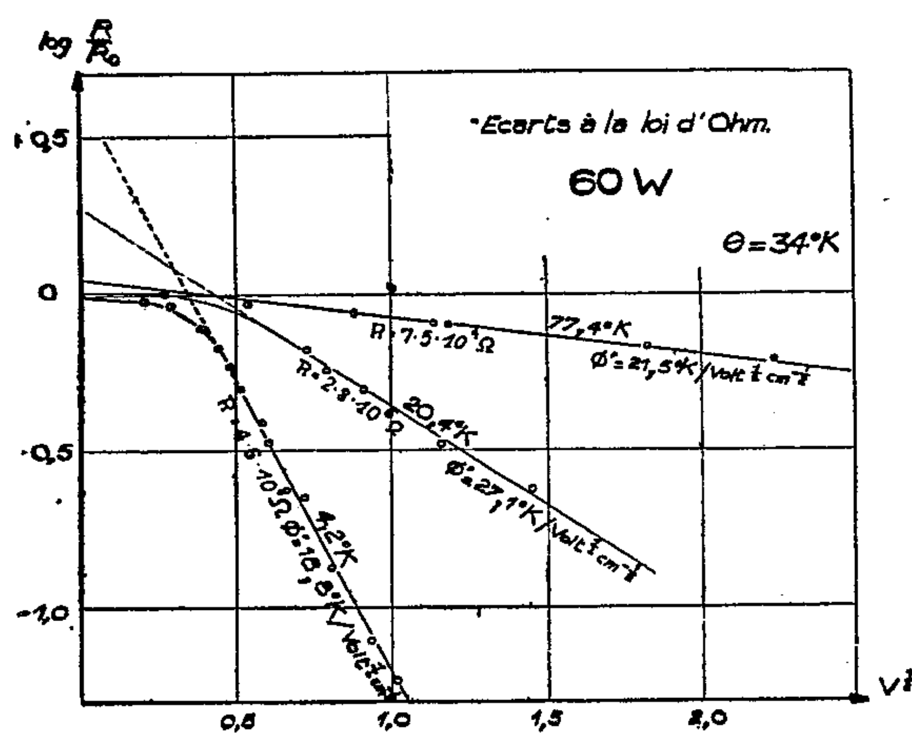


Fig. 1.

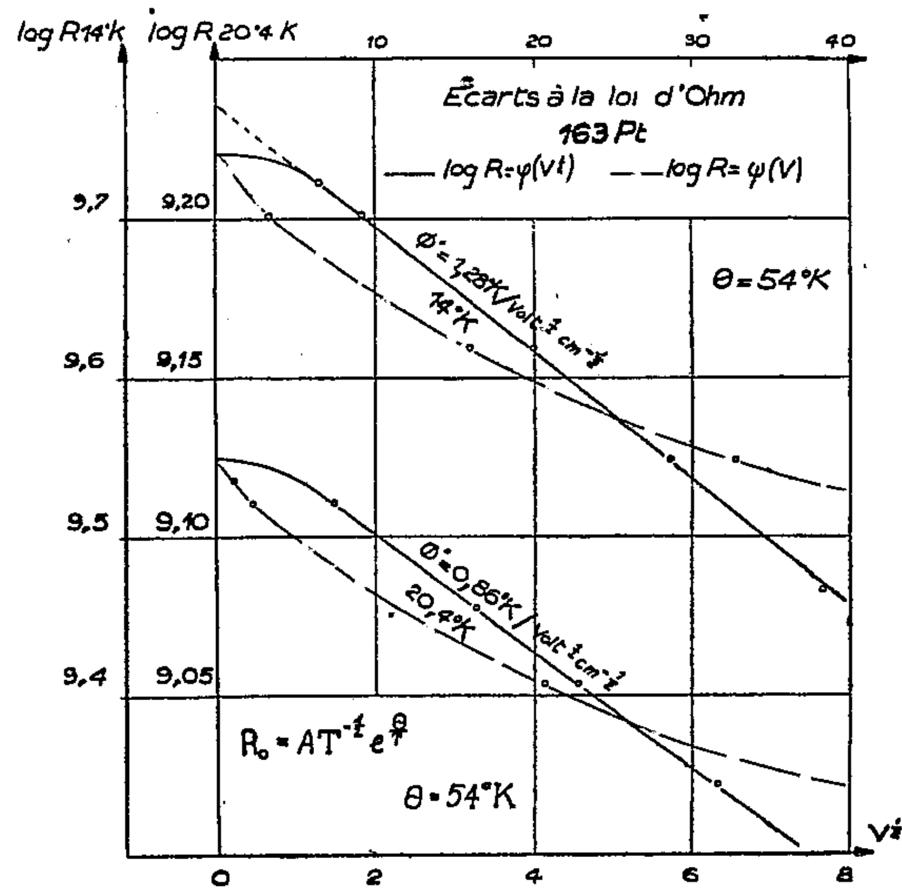


Fig. 2.

de grandeur des résultats, mais avec des valeurs trop élevées de l et, en outre, ne correspond pas à la loi en $V^{1/2}$; 3° enfin l'abaissement de la barrière par le champ.

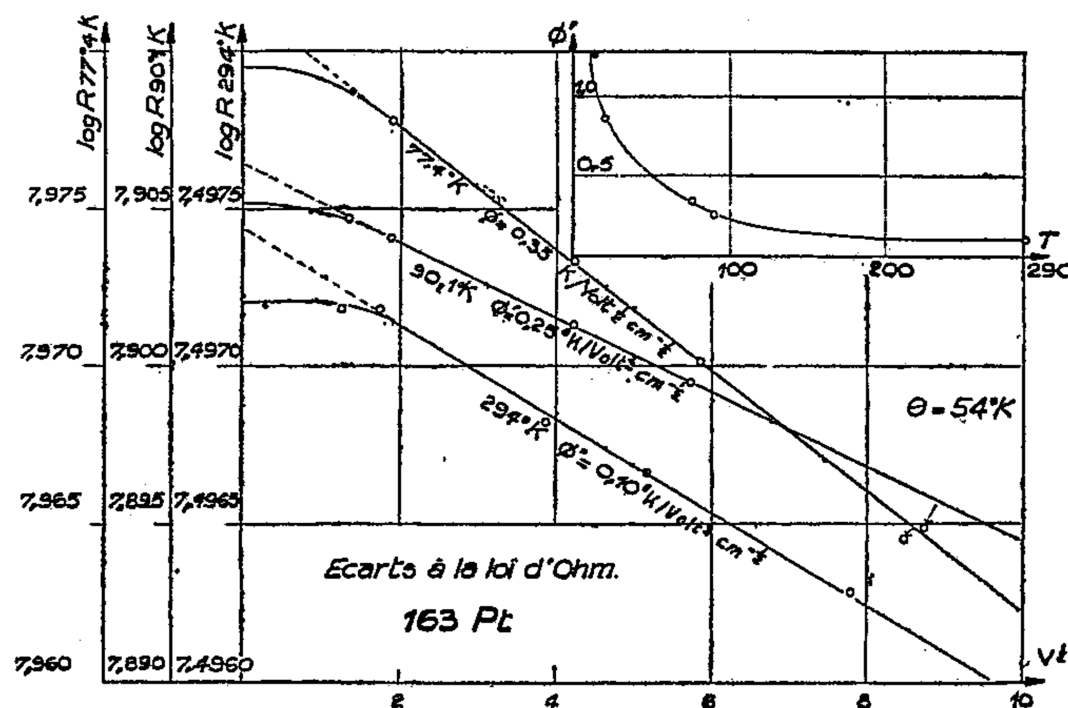


Fig. 3.

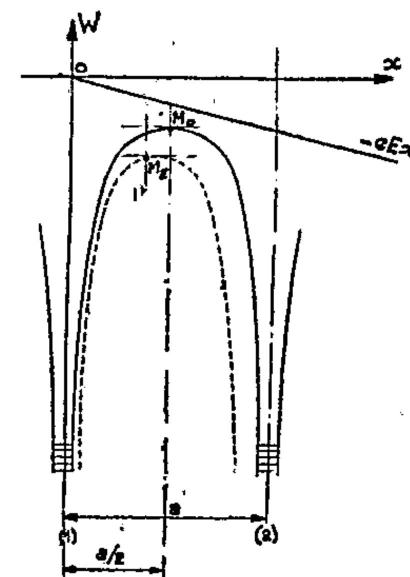


Fig. 4.

On sait que ce dernier effet étudié par Schottky ([2]) dans le cas de l'émission thermionique conduit à un abaissement de la barrière tel que

(1) $$W = e^{\frac{3}{2}} E^{\frac{1}{2}}.$$

([2]) W. SCHOTTKY, *Z. Phys.*, 18, 1923, p. 63.

Ce résultat suppose seulement que la force de rappel de l'électron est e^2/x^2; il s'applique donc à l'extraction de l'électron d'un trou de potentiel isolé ou de la surface d'un métal. Dans notre cas (*fig.* 4) si nous supposons que les potentiels des atomes (ou particules) sont en e/x et si nous négligeons l'action de l'atome (2) au voisinage de l'atome (1), c'est-à-dire pour des valeurs assez élevées de E, la relation (1) sera encore valable et le maximum sera abaissé de $\Delta W = e^{3/2}E^{1/2}$. Au contraire, il est évident que si M_0 est très peu déplacé et vient en M_E (cas de la figure 4), on aura à peu près

$$\Delta W = \frac{1}{2} a e E, \tag{2}$$

c'est-à-dire que ΔW sera proportionnel à E. Dans les cas intermédiaires le coefficient du terme $E^{1/2}$, qui est une constante dans le cas limite, doit diminuer quand M_E se rapproche de M_0.

La relation (1) conduit à $-\log(R_\rho/R_0) = \theta' V^{1/2}/T$ avec $\theta' \# 1$, si V est en volts par centimètre. Les valeurs expérimentales sont du même ordre, mais θ′ décroît quand l'épaisseur croît, c'est-à-dire quand a décroît, ce qui s'explique par les considérations ci-dessus et peut-être par le fait que le champ actif devient plus petit que le champ moyen, la résistance des particules devenant comparable à celle des barrières; la constante diélectrique peut agir également dans le même sens. Par contre, si $\theta' > 1$ cela s'explique par une non-uniformité de la couche (*fig.* 1), le champ réel étant plus grand que le champ moyen; la valeur de θ′ est donc une caractéristique intéressante de la couche. D'autre part θ′ croît quand T diminue, surtout pour les couches épaisses; cela peut être dû à plusieurs causes, dont l'une est l'augmentation du champ réel du fait de la diminution de la résistance des particules métalliques. Enfin, aux faibles champs, la relation (2) donne $-\log(R_\rho/R_0) = \theta'' V/T$, avec $\theta'' \# 10^{-4}$ si $a = 10$ Å; cela explique la faible variation de R_ρ dans ce domaine.

ÉLECTRONIQUE. — *Applications des compteurs de photons à l'étude de quelques phénomènes d'excitation moléculaire ou atomique.* Note de Mlle **Marie Ader**, MM. **Jean Debiesse** et **Théo Kahan**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de la détermination des potentiels critiques (potentiels d'ionisation et de résonance) des gaz et des vapeurs a été faite jusqu'à présent à l'aide des deux techniques suivantes :

1° la technique électrique, par l'étude des discontinuités du courant obtenu dans un tube à décharge à plusieurs électrodes lorsqu'on fait croître la tension anodique;

---

(1) Th. Kahan, J. Debiesse, R. Champeix et H. Bizot, *Journal de Physique*, 8e série, 9, 1948, p. 25.

2° la technique optique, par l'étude au spectrographe de la lumière émise lors de l'ionisation des gaz.

Nous avons songé à reprendre l'étude de ces phénomènes à l'aide d'une méthode décrite précédemment ([1]) qui utilise un compteur de photons composé d'un photomultiplicateur électronique, d'une échelle de comptage et de plusieurs circuits électroniques associés.

Un tube à décharge comportant deux électrodes contient un gaz sous faible pression (la plupart du temps de l'ordre de quelques millimètres de Hg) auquel on applique une tension croissante, en se maintenant toutefois au-dessous du potentiel qui correspond au déclenchement de l'illumination du tube.

Cette méthode nous a permis :

1° D'étudier la désactivation en fonction du temps;

2° De déterminer, lorsque le tube contient de l'air, les potentiels d'ionisation de l'azote et de l'oxygène.

Des mesures précises sont en cours et seront publiées ultérieurement.

Des recherches sont également en cours pour l'utilisation de cette méthode à l'analyse des gaz sous faible pression contenus dans des tubes scellés.

Nous sommes aussi en train d'adapter notre méthode à l'étude de la durée de vie des états métastables d'atomes excités, étude pour laquelle elle paraît, en effet, tout indiquée, car elle convient particulièrement aux cas d'intensités très faibles. Prenons à titre d'exemple les raies *interdites* $^1S_0 - {}^3P_0$ et $^1S_0 - {}^3P_2$ du mercure, de longueurs d'onde 2656 et 2270 Å. Ce sont des raies interdites car elles ne correspondent pas seulement à des intercombinaisons entre des systèmes de singulet et des systèmes de triplet, mais aussi parce que les règles de sélection relatives au nombre quantique total j ne sont pas respectées.

1. Pour les deux raies, la probabilité de transition $A = 1/\mathfrak{T}$ ($\mathfrak{T}$ = durée de vie) a été évaluée de manière approchée par rapport à la raie $^1S_0 - {}^3P_1$ (2537 Å).

Pour la raie 2270 Å on trouve A compris entre 10 et 1; pour la raie 2656, $A \sim 10^{-1}$.

Les valeurs réciproques τ représentent dans ce cas les vies moyennes des états $^3P_0$ et $^3P_2$ qui sont respectivement de l'ordre de 1/10 à 1 seconde et de 10 secondes.

A ces vies anormalement longues correspondraient une durée d'émission aussi élevée si ces états *métastables* n'étaient pas détruits par des chocs contre les électrons, contre des atomes, contre les parois (chocs de seconde espèce) ou encore par absorption de photons d'énergie convenable, avant que leur *mort naturelle* ne survienne par rayonnement.

Certes, il paraît fort difficile de réaliser dans un tube à décharge des conditions où l'on puisse observer de si longues vies moyennes naturelles. Il nous paraît néanmoins possible, en perfectionnant notre méthode de mettre en évidence des vies moyennes de l'ordre de 10^{-2} à 10^{-3} seconde, selon les dimensions du tube, la pression, la température du gaz et le mode d'excitation.

HAUTES FRÉQUENCES. — *Saturation des signaux de résonance paramagnétique nucléaire*. Note (*) de MM. **Michel Soutif** et **Robert Gabillard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude des possibilités de saturation du signal de dispersion nucléaire produit par la méthode du pont et celle de l'autodyne. Résultats expérimentaux concernant la méthode autodyne. Influence de la concentration en ions paramagnétiques.

La théorie classique de Bloch ([1]) fait intervenir deux paramètres u, v, définis par

$$(1)\quad u_{\max}=\frac{\frac{1}{2}\gamma H_1 T_2 M_0}{\sqrt{1+\gamma^2 H_1^2 T_1 T_2}},\qquad (1')\quad v_{\max}=\frac{\gamma T_2 M_0 H_1}{1+\gamma^2 H_1^2 T_1 T_2}.$$

On en dérive facilement deux susceptibilités χ' et χ''

$$(2)\quad \chi'=\frac{u_{\max}}{H_1}=\frac{\frac{1}{2}\gamma T_2 M_0}{\sqrt{1+\gamma^2 H_1^2 T_1 T_2}},\qquad (2')\quad \chi''=\frac{v_{\max}}{H_1}=\frac{\gamma T_2 M_0}{1+\gamma^2 H_1^2 T_1 T_2},$$

les variations de u, v, χ', χ'' en fonction de H_1 sont très différentes. Il est donc nécessaire de déterminer, pour chaque type de dispositif expérimental, laquelle de ces quantités est effectivement mesurée.

Méthode du pont. — Sous sa forme originale ([2]) ou sous la forme en double T que nous avons proposée ([3]), il est possible de régler le pont de façon à observer séparément, la dispersion ou l'absorption.

a. La dispersion se traduit par une variation de self-inductance de la bobine contenant l'échantillon, qui, de L_0 devient $L_0(1+4\pi\zeta\chi')$, [φ étant le facteur de remplissage].

Il apparaît au moment de la résonance nucléaire, une variation de force électromotrice :

$$\Delta E=\frac{4\pi\zeta\omega L_0 Q_0}{K}(\chi' H_1),\qquad H_1=K\frac{E}{L\omega},$$

E étant la tension à l'entrée du pont.

Le signal est donc proportionnel à u et ne se sature pas.

b. L'absorption provoque une variation du coefficient de surtension qui, de Q_0 devient $Q_0(1-4\pi\zeta\chi'' Q_0)$.

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) F. Bloch, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 460.

([2]) N. Bloembergen, E. M. Purcell et R. V. Pound, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 679.

([3]) Grivet, Buyle-Bodin et Soutif, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 113-115.

Le signal qui apparaît au moment de la résonance est

$$\Delta E = \frac{4\pi\zeta\omega L_0 Q_0}{K}(\chi'' H_1).$$

Le signal est proportionnel à ν et se sature comme cette fonction.

2. *Méthode autodyne.* — L'autodyne que nous utilisons est un oscillateur à deux circuits oscillants couplés ([4]).

Nous avons démontré ([5]) que le phénomène de résonance nucléaire produit :

a. une variation de fréquence de l'oscillation :

$$\left|\frac{d\omega}{\omega}\right| = \pi\zeta\left(\chi' + \sqrt{\frac{q_1}{q_2}}\chi''\right)$$

(q_1 et q_2 étant les coefficients de surtension des circuits grille et plaque).

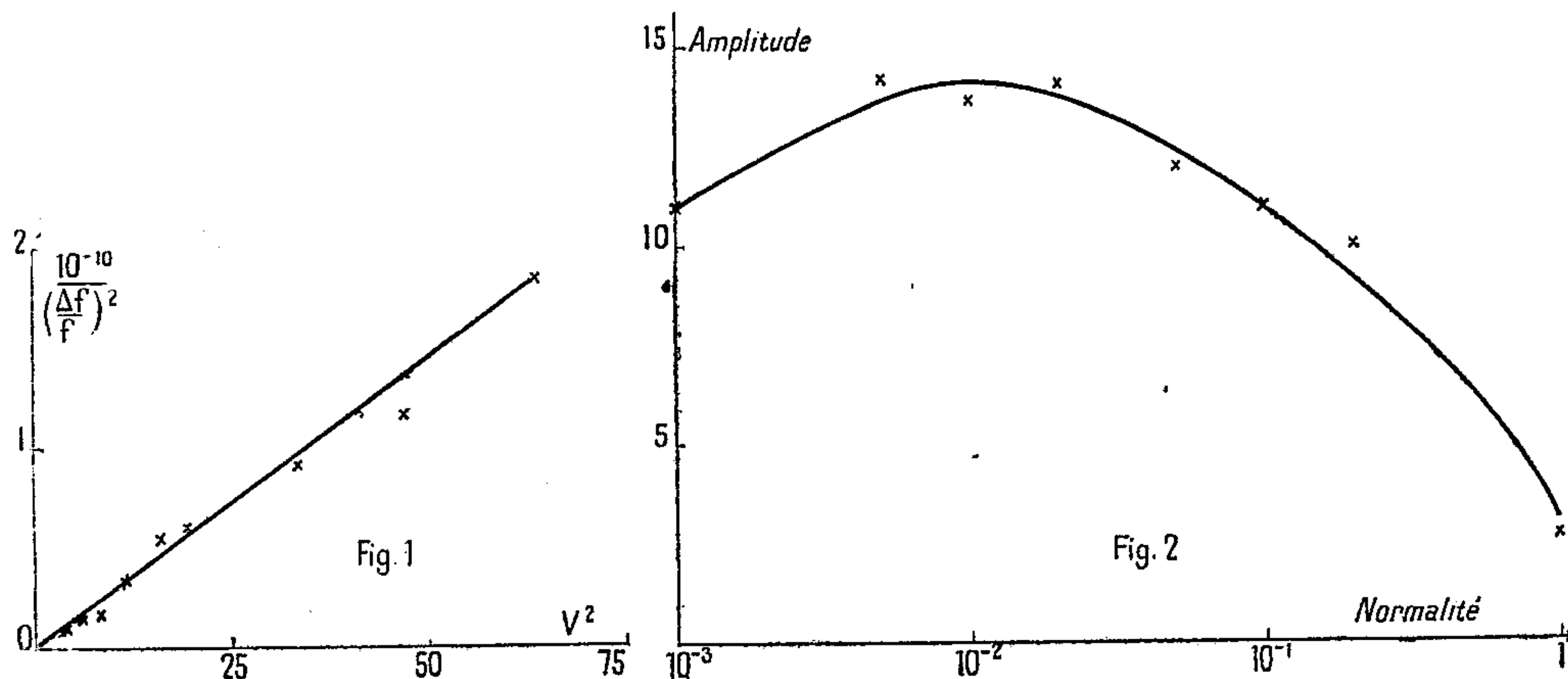
Cette fois le signal est proportionnel à χ' et χ'', et pour un champ H_1 suffisamment grand, *il se sature.*

b. Une variation d'amplitude de l'oscillation

$$|dA| = 2K\alpha^2\pi\zeta\left(\chi' + \sqrt{\frac{q_1}{q_2}}\chi'\right),$$

le signal se sature dans les mêmes conditions que $d\omega/\omega$.

3. *Étude détaillée de la saturation dans la méthode autodyne.* — Quand on fait croître le champ H_1, χ'' se sature plus vite que χ'. Pour des valeurs assez grandes de H_1, χ'' est complètement saturé et la variation de fréquences représente pratiquement χ'.



Afin d'éliminer toute cause d'erreur provenant du montage radioélectrique, nous avons comparé pour chaque mesure l'amplitude du phénomène réel à celle d'un phénomène artificiel ([4]) soigneusement étalonné.

([4]) GRIVET, SOUTIF et GABILLARD, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 27.

([5]) R. GABILLARD et M. SOUTIF (en cours de publication).

La figure 1 donne un exemple des résultats obtenus dans le cas d'une solution normale de nitrate ferrique. Elle représente la valeur de $[1/(\Delta f/f)]^2$ en fonction de V^2 (tension oscillante aux bornes de la bobine contenant l'échantillon). On vérifie que cette courbe est une droite.

4. *Influence de la concentration en ions paramagnétiques.* — Tant que la solution est peu concentrée, la largeur de la courbe de dispersion est imposée par l'inhomogénéité ΔH du champ H_0 et doit être considérée comme une constante $T_2^* = 1/\gamma \Delta H$. La seule quantité variant avec la concentration est alors T_1 qui est inversement proportionnel au nombre N d'ions paramagnétiques ([2]) d'où il résulte que pour un champ H_1 donné, on a $\chi' = [a/\sqrt{1+(b/N)}]$ *qui croît avec* N. Lorsqu'au contraire, la solution est suffisamment concentrée pour que la largeur propre de la raie soit supérieure à l'inhomogénéité du champ ($T_2 \leqq T_2^*$), on a, puisque T_2 est proportionnel à T_1 dans ces conditions, $\chi'' = a'/\sqrt{N^2+b'}$ qui *décroît lorsque* N *croît.* La figure 2 relative aux solutions de nitrate ferrique justifie cette théorie.

OPTIQUE. — *Interféromètre pour le repérage des directions.* Note (*) de MM. Albert Arnulf et Michel Cagnet, présentée par M. Jean Cabannes.

Le principe de cet appareil consiste à utiliser le déplacement des franges d'interférences d'égale épaisseur d'une lame d'air ou de verre à faces planes et sensiblement parallèles produit par une variation d'inclinaison du faisceau parallèle incident. La variation dp de l'ordre d'interférence produite par une variation dr de l'angle de réfraction à l'intérieur de la lame est donnée en fonction de l'angle r et de l'ordre d'interférence p_0 en lumière normale par la formule connue

$$dp = -p_0 \sin r\, dr.$$

Pour une lame d'air de 10^{mm} d'épaisseur et un angle $r = i = 45°$, une précision de pointés $dp = 0,02$ franges correspond à une précision de repérage angulaire $di = dr = 0,14$ seconde d'arc.

Ce dispositif, dont les propriétés sont bien connues, impose l'usage de radiations monochromatiques de coefficient de finesse élevé. La disposition suivante permet, en améliorant la précision, d'opérer en lumière blanche.

On utilise les franges de superposition d'égale épaisseur, par transmission, entre deux lames semi-métallisées de même épaisseur et de même indice de réfraction n, faisant entre elles un angle α. Le déplacement de la direction à mesurer s'effectue dans un plan perpendiculaire à l'arête du dièdre formé par les deux lames. On montre facilement que le système de franges

(*) Séance du 31 mai 1950.

en lumière blanche (dont la forme et l'orientation peuvent, en principe, être quelconques) est visible lorsque le faisceau incident est perpendiculaire au plan bissecteur du dièdre des lames. On a dans ces conditions

$$dr = \frac{\lambda}{2e} \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2\frac{\alpha}{2}}}{\sin\alpha} dp \tag{1}$$

ou

$$dr = \frac{\lambda}{4e \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}, \qquad \text{si} \quad n = 1. \tag{2}$$

Ces formules ont été contrôlées, sur un goniomètre, avec une précision de $\pm 1''$ pour des valeurs de α variant de $45''$ à $138°$ avec des lames d'épaisseur 8 et 30^{mm}. Mais la précision du goniomètre n'était pas suffisante pour évaluer la précision des pointés de l'interféromètre. Cette mesure a été effectuée par déplacement d'une fente parallèle à l'arête du dièdre, portée sur le chariot d'un comparateur dont les positions étaient mesurables à $0^{mm},002$ près, et située à 25^{m} de l'interféromètre. Ce dernier comportait deux lames de verre, $n = 1,52$, $e = 8^{mm}$, de largeur 20^{mm}, faisant un angle α de $45°$, correspondant à peu de chose près au maximum de précision possible [formule (1)]. L'écart moyen des positions de la fente, pour plusieurs séries de six pointés, était de $0^{mm},015$ à 25^{m}, soit une précision de repérage angulaire de 0,12 seconde d'arc. Cette précision correspond, d'après la formule (1), à une précision de pointés de 1/80 de frange, normale pour des franges à répartition d'intensité à peu près sinusoïdale. La largeur des lames était en effet trop faible pour obtenir des franges fines à ondes multiples.

L'appareil ne comprend, en plus des lames, qu'un repère de position des franges tracé sur une des lames, et une lentille oculaire formant l'image de la source dans la pupille de l'œil. Avec la dimension très réduite utilisée, il fournit une précision de pointés notablement supérieure à celle d'une lunette de même ouverture, provenant pour une part importante de ses dimensions très réduites, qui le mettent à l'abri des flexions et des jeux d'origine mécanique.

De nouvelles expériences sont prévues avec une paire de lames permettant d'obtenir des interférences à six ondes, donc des franges beaucoup plus fines. Le calcul montre que dans ces conditions on obtient de la source une série de véritables images (images astigmatiques pures) permettant en particulier de séparer les franges d'interférences produites par deux sources voisines. Sous réserve des possibilités de construction, un tel appareil pourrait avoir des applications astronomiques intéressantes (mesures de distances d'étoiles doubles ou de diamètres apparents d'astres).

PHOSPHORESCENCE. — *Sur les phénomènes lumineux accompagnant l'excitation électrique des gaz rares. Cas du néon.* Note (*) de M. **Michel Bayet**, présentée par M. Jean Cabannes.

La variation du coefficient de recombinaison ions-électrons avec la vitesse de ces derniers semble être mise en évidence par l'existence d'un maximum dans l'émission lumineuse, due à ce phénomène, qui suit l'excitation électrique du gaz étudié; la durée de l'ensemble de cet afterglow varie très sensiblement comme l'inverse de la pression.

On sait que les gaz rares présentent, longtemps après avoir été excités, une faible luminosité attribuée à la recombinaison des ions positifs et des électrons ([1]). En France, Herman a effectué une étude spectroscopique de ces *phosphorescences*, entre 100 et 10000 microsecondes (μs) après la fin de la décharge dans divers gaz ([2]). Nous nous sommes proposé d'étudier l'ensemble du phénomène immédiatement après l'excitation du gaz en faisant varier systématiquement la pression p.

Le dispositif utilisé comprend : 1° un générateur d'ondes UHF modulées en impulsion au moyen d'une ligne à retard, ce qui assure une fin brutale à l'excitation; 2° des tubes sans électrodes en pyrex, formés d'un tube capillaire terminé par deux sphères, remplis avec le plus grand soin ([3]) de différents gaz, dont la pression est mesurée avec une jauge de Mc Leod; 3° un récepteur constitué par un tube photomultiplicateur soigneusement blindé, à alimentation stabilisée, connecté directement aux plaques verticales d'un oscillographe dont le balayage horizontal est déclenché un peu avant le départ de chaque impulsion.

On observe sur l'écran de l'appareil une courbe unique $I = f(t)$ représentant la variation de l'intensité lumineuse globale en fonction du temps. Leur durée, lorsque la pression est assez forte, est limitée à celle de l'excitation électrique; elle ne l'est plus, lorsque la pression baisse, pour les gaz rares en particulier.

Les courbes ci-jointes sont relatives à des tubes remplis de néon et montrent un phénomène inattendu ([4]) : après avoir décru brutalement, l'intensité lumineuse croît à nouveau, pour décroître ensuite beaucoup plus lentement. La durée de cette prolongation d'émission lumineuse, et en particulier l'abscisse de son maximum, varient grossièrement comme $1/p$.

(*) Séance du 15 mai 1950.

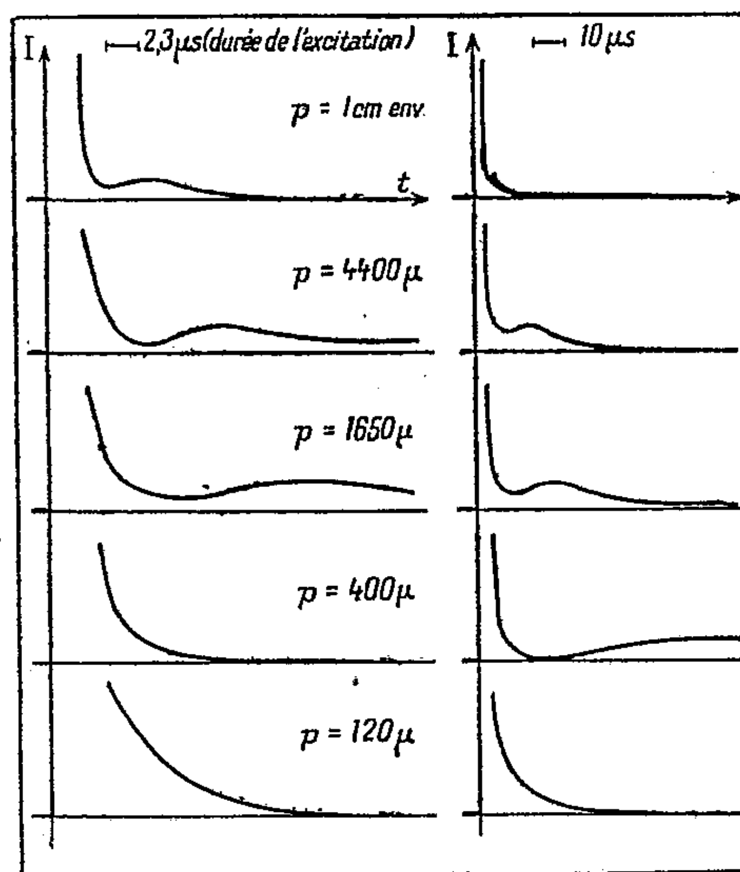
([1]) Depuis Kenty (*Phys. Rev.*, 32, 1928, p. 624) jusqu'à Holt (*Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 239.

([2]) *Voir* en particulier le cas du néon dans *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 622.

([3]) P. Grivet, *Annales de Physique*, 17, 1942, p. 72.

([4]) Toutefois Kenty a signalé que la phosphorescence de l'argon ne commence pas dès la fin de la décharge.

On fait les remarques suivantes : 1° lorsque p est assez élevé (plusieurs centimètres), le maximum de l'afterglow est si rapproché qu'il s'inclut dans la décroissance de l'impulsion principale. La courbe $I = f(t)$ paraît ainsi



présenter, après une décroissance brutale, une deuxième décroissance beaucoup plus lente; 2° lorsque p est faible (moins de 100^{μ}) le phénomène qui donne lieu à ce maximum est très étalé dans le temps, son amplitude devient très faible, le grand écart de temps qui le sépare de l'excitation électrique le rend difficile à déceler à l'oscillographe; à partir de la fin de l'excitation, l'intensité $I = f(t)$ paraît présenter une décroissance lente et régulière puis s'annuler.

3° Dans les cas intermédiaires, si l'on masque la lumière émise par les boules, la plus grande partie de l'afterglow et son maximum disparaissent.

Nous allons entreprendre une étude spectroscopique afin de déterminer le mécanisme de cette émission au sujet de laquelle on peut faire les hypothèses suivantes : lorsque cesse l'excitation, il existe dans le gaz un assez grand nombre d'ions positifs, d'atomes excités sur un état métastable, et d'électrons dont on peut évaluer l'énergie à 20 eV environ (énergie d'ionisation du néon), et qui la perdent peu à peu, surtout par choc avec les atomes, pour revenir à une énergie purement thermique (0,04 eV). Par ailleurs, le coefficient de recombinaison ions-électrons α décroît lorsque la vitesse de ces derniers augmente (5). Si l'on suppose le rayonnement émis proportionnel au nombre d'ions qui disparaissent, un calcul simplifié montre qu'il croît à partir du

(5) $\alpha = A/v$ semble-t-il (STÜCKELBERG et MORSE, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 16), l'on aurait $A \neq 1$ d'après les mesures récentes de Holt.

temps $t=0$ où l'excitation est coupée, passe par un maximum pour $t=t_M$, puis décroît jusqu'à disparition totale des ions.

Numériquement, on obtient pour t_M des nombres un peu supérieurs aux valeurs observées, mais le calcul fait intervenir le libre parcours moyen des électrons λ que l'on a supposé constant et égal à $4\sqrt{2}$ fois celui des molécules négligeant ainsi l'effet Ramsauer, et alors que λ est probablement bien plus faible aux faibles vitesses électroniques ([6]), ainsi que la concentration ionique initiale N_i sur laquelle on manque de données précises.

On explique ainsi la fin de l'afterglow. Son début (élargissement de l'impulsion lumineuse lorsque la pression baisse) peut être expliqué, pour les gaz rares, par la réexcitation des états métastables par les électrons, qui est possible, avec réémission de lumière visible, tant que l'énergie de ces derniers ne devient pas inférieure à 2 eV environ. On calcule qu'il faut pour cela un temps t_m qui coïncide à peu près avec le minimum de la courbe $I=f(t)$.

PROPAGATION DES RAYONS γ. — *Sur la diffusion et la propagation des rayons γ dans un milieu indéfini homogène.* Note de M. **Paul Maignan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Le problème à résoudre est le suivant : Étant donnée une source ponctuelle et monochromatique de rayons γ, calculer le flux total d'énergie rayonnée à travers une sphère de rayon r centrée sur la source, ainsi que le spectre correspondant. Dans ce but, les photons sont classés en photons primaires n'ayant subi aucune diffusion, photons secondaires ayant subi une diffusion, photons d'ordre n ayant subi $n-1$ diffusions.

Les photons d'ordre n coupent la sphère de rayon r suivant des angles avec la normale ψ_n, dont la moyenne $\overline{\psi_n}$ est fonction de r. Ils ont une énergie moyenne $\overline{E}_n$ également fonction de r. Si σ_n et μ_n désignent les coefficients linéaires de diffusion et d'absorption totales, N_n le flux des photons d'ordre n, et si l'on pose de plus $k_n=1/\overline{\cos\psi_n}$, on trouve

$$N_n=N_0\sigma_1\ldots\sigma_{n-1}\sum_{p=1}^{p=n-1}\frac{e^{-\mu_p k_p r}-e^{-\mu_n k_n r}}{\prod\limits_{s\neq p}(\mu_s k_s-\mu_p k_p)}.$$

Si l'on envisage les n premiers ordres de photons, on voit que les équations dépendent de $2n$ paramètres, et sont donc susceptibles en principe de représenter exactement en chaque point les flux d'énergie et le spectre des énergies moyennes, à condition de se représenter ces paramètres comme des fonctions de r.

([6]) Y. Rocard et M. Ponte, *Onde électrique*, mai 1929, p. 179.

Afin de déterminer ces paramètres, nous ferons quelques approximations : Appelons $\overline{\cos\varphi_n}$ le cosinus moyen de l'angle sous lequel sont diffusés les photons d'ordre n. Nous poserons la relation approchée

$$\overline{E_n} = \frac{\overline{E_{n-1}}}{1 - Y(1 - \overline{\cos\varphi_n})}, \qquad \text{avec} \quad Y = \frac{h\nu}{m_0 c^2}$$

(m_0, masse de l'électron; c, vitesse de la lumière).

Pour les photons primaires, on a $\cos\varphi_1 = \cos\psi_1 = 1$; pour les photons secondaires, on a $\cos\varphi_2 < \cos\psi_2 < 1$. Mais si r est assez grand, $\overline{\cos\psi_2} \to \overline{\cos\varphi_2}$. Nous poserons donc $\overline{\cos\psi_2} = \overline{\cos\varphi_2}$. On a d'autre part approximativement $\overline{\cos\psi_n} = \overline{\cos\psi_{n-1}}\,\overline{\cos\varphi_n}$.

Les $\overline{E_n}$, φ_n et ψ_n étant ainsi liés, le système d'équations ne dépend plus que de n paramètres. Il nous suffit donc maintenant d'évaluer les $\overline{\cos\varphi_n}$. Évidemment, $\cos\varphi_1 = 1$. Pour évaluer $\overline{\cos\varphi_2}$, nous avons déterminé exactement le flux d'énergie I_2 et l'énergie moyenne $\overline{E_2}$ en fonction de r par intégration numérique pour diverses énergies, dans le cas de l'eau, où seul intervient l'effet Compton. Mais les résultats obtenus dans ce cas particulier sont valables pour tous les milieux où l'effet photoélectrique et la formation de paires sont négligeables.

Il suffit pour transposer les résultats de multiplier les distances par le rapport des densités d'électrons.

On a le tableau suivant, avec des distances valables pour l'eau :

$\overline{\cos\varphi_2}\left(\text{E en } \frac{Y}{2}\right)$..	20cm.	50cm.	100cm.	200cm.	1000cm.
2,6.............	0,800	0,833	0,865	0,890	0,933
1................	–	0,783	0,821	0,860	0,913
0,5.............	–	0,760	0,815	0,845	0,905

On obtient de la sorte un faisceau de courbes (I) exprimant la relation entre $\overline{\cos\varphi_2}$ et la distance pour différentes énergies, et permettant une évaluation exacte de I_2. Les valeurs $(E_2)\varphi$ correspondant à l'angle φ sont un peu plus petites que les énergies moyennes réelles $\overline{E_2}$. Nous avons donc un second faisceau de courbes (II) donnant les relations entre E_2 et $(E_2)\varphi$ en fonction de r.

Pour évaluer les $\overline{\cos\varphi_n}$, les $(E_n)\varphi$ et les $\overline{E_n}$ relatifs aux photons d'ordre supérieur, on pourrait songer à admettre que les relations entre photons d'ordre successifs sont à peu près les mêmes qu'entre photons primaires et secondaires. Mais cela serait très incorrect, parce que la répartition des photons générateurs est alors très différente de celle de photons primaires qui auraient la même énergie. Nul à l'origine, le flux de ces photons passe par un maximum situé relativement près de l'origine et décroît approximativement suivant une exponentielle en $e^{-\mu_1 x}$ et non en $e^{-\mu_n x}$. On peut donc reprendre le calcul des photons secondaires des diverses énergies en substituant dans l'intégration

numérique $e^{-\mu_1 x}$ à $e^{-\mu x}$, μ étant le coefficient intervenant dans le calcul des photons secondaires pour différentes énergies. On obtient de la sorte un rapport des énergies E_n/E_{n-1} plus faible que E_2/E_1. D'où, par utilisation des courbes (II), une détermination approximative des $(E_n)\varphi$ et des $\cos\varphi_n$. On obtient ainsi un faisceau de courbes (III).

Par exemple, si l'on prend pour E_1, $Y/2 = 2,57$ (raie du thorium C″), on a le tableau avec distances valables pour l'eau :

$\overline{\cos\varphi_n}\left(E \text{ en } \frac{Y}{2}\right)$..	20cm.	50cm.	100cm.	200cm.	1 000cm.
2,6..............	0,800	0,833	0,865	0,890	0,933
1................	–	0,773	0,795	0,804	0,858
0,5..............	–	0,747	0,760	0,765	0,783

Une étude expérimentale est en cours afin de vérifier la valeur de ces calculs théoriques.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mise en évidence de la photodésintégration du cuivre avec émission de protons.* Note de M. **Raymond Chastel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La plupart des photodésintégrations déjà étudiées (1) portaient sur des nuclides conduisant à des radioéléments artificiels, les réactions étaient décelées par la radioactivité du nuclide produit. Cette méthode qui a permis la découverte de nombreuses photodésintégrations ne permet pas d'avoir de renseignements sur les conditions d'émission de la particule expulsée (énergie maximum, spectre, etc.); elle ne permet pas de déceler les photodésintégrations conduisant à former des nuclides stables.

Nous avons donc tenté d'utiliser la méthode des émulsions photographiques pour étudier les photodésintégrations, cela nous a permis de mettre en évidence l'effet photonucléaire avec émission de protons dans le cas du cuivre. L'effet photonucléaire du cuivre avec émission de neutrons est bien connu, il a été étudié à diverses reprises et très souvent il sert d'étalon de section efficace pour l'étude des photodésintégrations. Il y avait donc un grand intérêt à observer la réaction avec émission de protons. La détermination expérimentale du rapport des sections efficaces $\sigma(\gamma, n)/\sigma(\gamma, p)$ pour Cu permet la comparaison avec la théorie. Celle-ci montre des désaccords avec l'expérience pour des noyaux voisins (2) du cuivre.

Nous avons irradié (3) une lame épaisse de cuivre (359 mg/cm²) (c'est-

(1) Bothe et Genthner, *Zeits. Phys.*, 106, 1937, p. 236; Huber, Lienhard, Scherrer et Wäffler, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 910; Hirzel et Wäffler, *Helv. Phys. Acta*, 16, 1949, p. 431.

(2) O. Hirzel et H. Wäffler, *Helv. Phys. Acta*, 20, 1947, p. 373.

(3) R. Chastel, *J. Phys. Rad.*, 1950 (sous presse).

à-dire dont l'épaisseur est supérieure au parcours maximum prévisible pour les protons) aux rayons γ du lithium bombardé par des protons de 500 keV. Cette lame de cuivre était introduite entre les émulsions de deux plaques photographiques (Ilford E1 de 300$^{\mu}$), le cuivre couvrant la moitié de la surface de ces deux plaques ayant leurs émulsions en regard. Cet ensemble était protégé des rayons X mous produit par le tube accélérateur de protons, par une épaisseur de plomb de 6^{mm}. La dose de rayons γ reçue par la plaque mesurée à l'aide de la photodésintégration du carbone de la gélatine était de l'ordre de $3,3.10^6$ quanta/cm^2.

Les plaques étant irradiées très près de la cible de lithium émettrice de rayons γ, un densitogramme des plaques a été fait pour tenir compte de la variation d'angle solide lorsque l'on dépouille des surfaces de plaque éloignées de la cible. Deux zones de plaque dans les régions avec cuivre et sans cuivre ont été dépouillées et représentent chacune une surface de 0$^{cm^2}$,48. Le densitogramme et la géométrie permettaient de s'assurer que ces deux zones correspondaient à des angles solides égaux.

L'inspection des plaques a montré que des protons étaient émis par le cuivre irradié aux rayons γ du lithium. Deux plaques identiques contenant entre leurs émulsions une lame de cuivre identique, mais n'ayant subi aucune irradiation, ont été assemblées en même temps et développées avec les plaques ayant subi l'irridiation. Ces plaques témoins contenaient seulement quelques rares traces de particules α résultant de contaminations radioactives.

Pour faire une numération des protons et calculer la section efficace de la réaction, il était difficile d'affirmer dans tous les cas qu'un proton observé était issu du cuivre et par suite pénétrait par la surface. Nous avons mesuré tous les protons atteignant la surface (entrant ou sortant) sur la zone avec cuivre et la zone sans cuivre, soit N_{Cu} et N_0 les nombres respectifs de ces protons. La faible épaisseur d'air entre les émulsions sans cuivre a un effet négligeable; on peut également admettre en première approximation que le nombre des protons pénétrant dans l'émulsion est dans ce cas $N_0/2$, de même que le nombre des protons sortant est aussi $N_0/2$. Ainsi le nombre de protons émis par le cuivre pour la surface explorée est

$$N_{Cu} - \frac{N_0}{2} = 906 - \frac{711}{2} = 502,5.$$

Tenant compte des effets parasites ([4]) résultant des neutrons de la réaction (γ, n) sur le cuivre, et du faible nombre de neutrons résiduels de la source γ [du protonium ayant été utilisé dans l'accélérateur ([3])] qui produisent quelques protons des réactions ${}^{63}_{29}Cu(n, p){}^{63}_{28}Ni$ et ${}^{65}_{29}Cu(n, p){}^{65}_{28}Ni$, le nombre corrigé de

([4]) Un compte rendu complet paraîtra prochainement au *Journal de Physique et Radium*.

protons émis par le cuivre est de 327 et leur énergie maximum déduite des statistiques nombre-parcours est de l'ordre de 8 à 9 MeV. On obtient comme valeur préliminaire de la section efficace $\sigma(\gamma, p)$ pour le cuivre $1,0.10^{-27}$ cm^2. En prenant (5) $\sigma(\gamma, n) = 7,75.10^{-26}$ cm^2 on a ainsi un rapport $\sigma(\gamma, n)/\sigma(\gamma, p)$ de l'ordre de 77, ce qui est beaucoup plus petit que la valeur théorique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la congélation des gouttelettes d'eau vers* — 41° C. Note de M. **Camille Lafargue**, présentée par M. Charles Maurain.

La congélation des gouttelettes d'eau vers — 41° C serait due à la structure moléculaire de l'eau et non à l'intervention de noyaux étrangers.

Nous avons montré précédemment (1) que la congélation de petites gouttelettes d'eau (1 à 20$^\mu$ de diamètre) se produisait à l'air ou à l'abri de l'air vers — 41° C, indépendamment de la nature et de la concentration des sels dissous. Nous en avons conclu qu'il fallait attribuer la congélation des gouttes vers — 41° C aux propriétés physiques de l'eau, à moins d'admettre la préexistance dans celle-ci de noyaux de congélation actifs à cettte température. Nous allons montrer dans cette Note que la structure de l'eau au-dessous de 4° C permet effectivement de prévoir une congélation *spontanée* vers — 41° C.

L'analyse de la glace aux rayons X a permis d'assigner des positions aux atomes d'oxygène dans les réseaux (2). La structure de la glace ordinaire (glace I de Bridgman) serait analogue à celle de la tridymite : Chaque atome d'oxygène serait entouré tétraédriquement par quatre autres atomes d'oxygène à une distance de 2,76 Å. Une seconde sphère de coordination comporterait douze autres atomes d'oxygène à une distance de 4,53 Å. La liaison entre deux atomes d'oxygène voisins serait réalisée par un noyau d'hydrogène placé de façon asymétrique entre les deux atomes d'oxygène combinés (3). L'angle que feraient entre elles deux liaisons hydrogène fixées sur un même atome d'oxygène serait de 104° environ (4).

Cette structure serait aussi, pour une grande part, celle de l'eau au-dessous de 4° C (5).

---

(5) Sakae Shimizu, *Nuclear Research Lab. Université de Kyoto*, 1949 (communication privée).

(1) *Quart. J. Roy. Met. Soc. centenary number*, 1950 (à l'impression).

(2) D. M. Dennisson, *Phys. Rev.*, 17, 1921, p. 20; W. H. Bragg, *Proc. Phys. Soc. London*, 34, 1922, p. 98; W. H. Barnes, *Proc. Roy. Soc.*, A., 125, 1929, p. 670.

(3) L. Pauling, *J. A. C. S.*, 57, 1935, p. 2680.

(4) R. Mecke et W. Baumann, *Phys. Zeit.*, 33, 1932, p. 833.

(5) Bernal et Fowler, *J. Chem. Phys.*, 1933, 1, p. 515 ; J. Morgan et B. Wrren, *J. Chem. Phys.*, 1938, 6, p. 666.

Suivant la théorie de J. J. Thomson ([6]), un noyau isomorphe de la glace serait susceptible d'amorcer la congélation de l'eau à une température T définie par la relation

$$\frac{T_f - T}{T_f} = \frac{2\,SM}{rQD},$$

dans laquelle :

T_f désigne la température de fusion de la glace : $T_f = 273°$ K;

Q » la chaleur moléculaire de fusion de la glace :

$$Q = 1440 \text{ cal/mol} = 10^{10} \text{ ergs};$$

M » la masse moléculaire de l'eau : M = 18;

D » la densité de la glace : D = 0,92 C. G. S.

S » un coefficient qui serait égal d'après M. Volmer à

$$S = 10{,}5 \text{ ergs/mol } (^7);$$

r » le rayon du noyau isomorphe mesuré en centimètres.

Les agrégats moléculaires de 4,53 Å de rayon, présents dans la glace et dans l'eau et considérés comme cellules fondamentales, seraient ainsi susceptibles d'amorcer la congélation de l'eau surfondue vers

$$T = -\frac{1{,}87.10^{-6}}{4{,}53.10^{-8}} = -41°C$$

(la température étant alors mesurée en degrés centigrades).

Un calcul identique effectué à partir des constantes de l'eau lourde permettrait de prévoir sa congélation *spontanée* vers — 38° C, valeur en bon accord avec les résultats expérimentaux (— 37°,4) de Cwillong ([8]).

Il semble possible que la présence dans l'eau de corps étrangers (sels ou produits organiques) puisse modifier sa structure moléculaire et par suite son point de congélation *spontanée* ([9]). Mais, d'après Bernal et Fowler, un grand nombre de sels, loin de détruire la régularité de l'assemblage moléculaire de l'eau, le consolident. Ceci est en bon accord avec nos résultats expérimentaux. La congélation des gouttes (1 à 20$^\mu$ de diamètre) se produit vers — 41°C pour un grand nombre de solutions salines, indépendamment de leur concentration.

La congélation de l'eau vers — 41° C ne serait donc pas due à la présence

---

([6]) *In kinetik der phasenbildung Volmer*, 1939, Dresden (Steinkoff), p. 17.

([7]) *Ibid.*

([8]) *Proc. Roy. Soc.*, A, **190**, 1947, p. 137.

([9]) C'est ainsi qu'on a attribué les résultats de Rau (*Schr. Deutsch. Akad. Luft.*, Berlin, **8**, 1944, p. 65) à la présence d'alcool dans la phase eau (Cwilong, *Nature*, London, **160**, 1947, p. 198). Il est possible que les molécules d'alcool, caractérisées par de fortes liaisons hydrogène avec des distances O — H ... O (2,70 Å) voisines de celles de l'eau (2,78 Å) puissent perturber l'assemblage coordonné des molécules d'eau.

dans les gouttelettes étudiées de noyaux étrangers actifs à cette température-noyaux atmosphériques résultant de l'action de radiations ultraviolettes ([10]) ou noyaux salins ([11]). Ce serait une congélation *spontanée* due à la structure moléculaire de l'eau.

MACROMOLÉCULES. — *Sur une interprétation du deuxième coefficient du viriel dans les mesures de pression osmotique des solutions de molécules en chaînes.* Note (*) de Mlle **Anne-Marie Benoit**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On sait que l'expression de la pression osmotique des solutions en fonction de la concentration peut être représentée par un développement de la forme

$$y = \frac{\pi}{RTc} = \frac{1}{M} + Bc, \tag{1}$$

où c est la concentration en grammes par centimètre cube, M la masse du soluté, et B le deuxième coefficient du viriel. Dans le cas des solutions diluées, les résultats expérimentaux sont suffisamment bien représentés par les deux premiers termes du développement, et dans ce cas la mesure de π/RTc en fonction de c permet de calculer B.

Le traitement thermodynamique des solutions de molécules en chaînes a été fait par différents auteurs ([1]). En particulier, d'après Huggins, l'expression du deuxième coefficient du viriel serait de la forme

$$B = \frac{1}{v_1 d_2^2}\left(\frac{1}{2} - \beta - \frac{\alpha}{RT}\right), \tag{2}$$

où v_1 est le volume moléculaire du solvant, d_2 la densité du soluté, α est lié à la chaleur de dilution $\overline{\Delta H_1}$ par la relation $\overline{\Delta H_1} = \alpha c^2/d_2^2$ et β est un terme dépendant de certains paramètres servant à définir les configurations de la chaîne dans le solvant. Le calcul repose sur l'hypothèse que les chaînes peuvent s'interpénétrer. Dans le cas des solutions de poids moléculaires relativement peu élevés et dans le domaine des concentrations usuelles, les chaînes sont presque toujours séparées. Nous cherchons dans ce cas, quel est le volume V des particules sphériques qui, en concentration égale à celle des molécules en chaînes, donnent la même valeur de la pression osmotique. Pour une telle

([10]) Brewer et Palmer, résultats rapportés par G. M. B. Dobson, *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 75, 1949, p. 23.

([11]) J. B. Mason, *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 76, 1950, p. 59.

(*) Séance du 31 mai 1950.

([1]) P. J. Flory, *J. Chem. Phys.*, 10, 1942, p. 51; M. L. Huggins, *Annals of New York Acad. of Science*, 43, 1942, p. 1.

solution, on a [2]

(3) $$B = \frac{4V}{M^2} - \frac{\alpha}{RT v_1 d_2^2}.$$

La mesure de y en fonction de c à différentes températures, permet de déterminer les valeurs de B en fonction de $1/T$. Si la courbe obtenue est une droite, c'est que le volume V est indépendant de la température et la mesure donne sa valeur ainsi que celle de α.

Nous avons examiné de ce point de vue deux échantillons de polystyrols dans différents solvants et aux températures de 0, 20, 35 et 50° C.

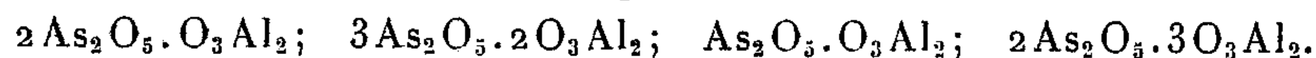
Polymère.	Solvant.	Masse.	R_π (Å).	R_η (Å).	R_Δ (Å).	α (en cal/mol).
P III..........	toluène	130 000	150	135	119	93
P III..........	méthyléthylcétone	131 000	105	108	–	93
P 230.........	toluène	270 000	190	178	176	18

Les résultats obtenus conduisent à la conclusion intéressante suivante : le rayon de la particule sphérique fictive destinée à représenter les propriétés osmotiques de la solution est égal, aux erreurs expérimentales près, au rayon de la particule sphérique qui aurait les mêmes caractères hydrodynamiques que la molécule en chaîne, ainsi qu'on s'en rendra compte en examinant les dernières colonnes du tableau où figurent sous la dénomination R_π le rayon de la particule déterminé à partir de nos mesures et sous la dénomination R_η et R_Δ les rayons des particules déterminés respectivement à partir des mesures de viscosité et de diffusion de translation par Vallet [3]. Autrement dit, la particule équivalente déjà imaginée pour rendre compte des viscosités et des constantes de diffusion de translation, rend en même temps compte au moins dans les cas envisagés, des valeurs du deuxième coefficient du viriel.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les arséniates d'aluminium.*

Note (*) de MM. **Henri Guérin** et **René Martin**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'établissement du diagramme d'équilibre $As_2O_5—O_3Al_2—OH_2$ à 60° met en évidence l'existence de deux arséniates d'aluminium : $2As_2O_5.O_3Al_2.3OH_2$ et $As_2O_5.O_3Al_2.2OH_2$. L'étude de l'action de la chaleur sur ces sels permet d'isoler quatre composés caractérisés par des rapports O_3Al_2, As_2O_5 différents :



$2As_2O_5.O_3Al_2$; $3As_2O_5.2O_3Al_2$; $As_2O_5.O_3Al_2$; $2As_2O_5.3O_3Al_2$.

Nos connaissances sur les arséniates d'aluminium sont très limitées bien que ces sels aient été utilisés en assez grandes quantités comme insecticides. Ceci

---

(2) M. L. Huggins, *J. Phys. Colloid Chem.*, 52, 1948, p. 248; B. H. Zimm, *J. Chem. Phys.*, 14, 1946, p. 164.

(3) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1353.

(*) Séance du 31 mai 1950.

peut vraisemblablement s'expliquer par le fait que ces composés n'ont été jusqu'ici préparés que par double décomposition et que, dans ces conditions, on se heurte à deux difficultés : d'une part les propriétés adsorbantes des arséniates d'aluminium exigent un lavage prolongé, d'autre part la facilité avec laquelle ces sels s'hydrolysent s'oppose, en principe, à une telle opération. Aussi, un auteur pouvait-il écrire en 1940 : « Il est impossible actuellement d'attribuer aux arséniates d'aluminium, préparés par double décomposition, une formule chimique exacte (1) ».

Ces faits nous ont incités à étendre aux arséniates d'aluminium les recherches déjà effectuées par l'un d'entre nous sur d'autres arséniates.

Dans la présente Note, nous indiquons les résultats relatifs à l'établissement du diagramme d'équilibre du système $As_2O_5—O_3Al_2—OH_2$, à 60°, et, à l'étude de l'action de la chaleur sur les composés isolés.

1. *Diagramme d'équilibre du système* $As_2O_5—O_3Al_2—OH_2$ à 60°. — L'étude de toute une série de mélanges résultant de l'action des solutions d'acide arsénique sur de l'alumine hydratée pure nous a permis de caractériser, par la méthode des restes, les composés suivants :

a. L'arséniate acide : $2As_2O_5.O_3Al_2.3OH_2$, qui existe en équilibre avec les solutions contenant de 71,5 à 43,2 % d'As_2O_5.

b. L'orthoarséniate d'aluminium : $As_2O_5.O_3Al_2.2OH_2$, stable au contact des solutions renfermant de 43,2 à 0,1 %.

L'arséniate acide : $2As_2O_5.O_3Al_2.3OH_2$, non signalé jusqu'ici, est cristallisé en bâtonnets agissant sur la lumière polarisée. Ce sel a pu être isolé en lavant les cristaux essorés, mais chargés d'eaux-mères par l'éther anhydre. Cet arséniate acide s'hydrolyse facilement en donnant de l'orthoarséniate d'aluminium.

L'orthoarséniate d'aluminium : $As_2O_5.O_3Al_2.2OH_2$, non décrit jusqu'ici sous cet état d'hydratation, a pu être préparé par action sur de l'alumine hydratée, d'une solution d'acide en excès tel que les eaux-mères renferment environ 5 % d'As_2O_5. Le produit lavé rapidement, essoré et séché, n'apparaît pas cristallisé au microscope. Mis en présence d'eau pure, il s'hydrolyse lentement en donnant un sel basique dont la composition tend vers celle du composé : $3As_2O_5.4O_3Al_2$.

2. *Action de la chaleur sur les arséniates d'aluminium.* — L'arséniate acide : $2As_2O_5.O_3Al_2.3OH_2$, perd une molécule d'eau à 200° sous vide, puis les deux dernières à 350°. A 450°, il se transforme en un *pyroarséniate :* $3As_2O_5.2O_3Al_2$, composé déjà obtenu par Lefebvre (2) en ajoutant de l'alumine anhydre à du métaarséniate de sodium fondu.

A 600°, le pyroarséniate se décompose en orthoarséniate AsO_4Al, identique

(1) Nina Ivanoff, *Bull. Soc. Chim.*, 7, 1940, p. 939-943.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 27, 1892, 6e série, p. 42.

à celui obtenu par déshydratation à partir de 260° de l'orthoarséniate bihydraté.

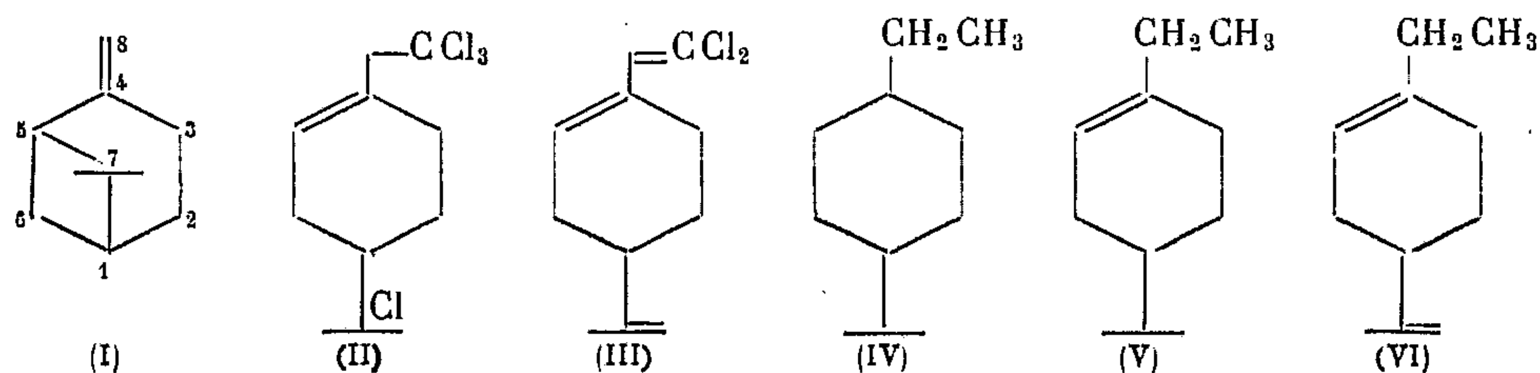
Cet orthoarséniate est stable jusqu'à 700°, température à laquelle il fournit un composé : $2As_2O_5.3O_3Al_2$, non encore signalé.

Ce sel se transforme, en albumine, par élimination totale de l'anhydride arsénique quand on le chauffe à 850°.

En résumé, l'étude du système $As_2O_5—O_3Al_2—OH_2$ à 60° révèle l'existence de deux arséniates d'aluminium bien définis : $2As_2O_5, O_3Al_2.3OH_2$ et $As_2O_5.O_3Al_2.2OH_2$, dont la décomposition sous l'action de la chaleur met en évidence l'existence des quatre composés : $2As_2O_5.O_3Al_2$; $3As_2O_5.2O_3Al_2$; $As_2O_5.O_3Al_2$; $2As_2O_5.3O_3Al_2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la combinaison du nopinène et du tétrachlorure de carbone*. Note de MM. **Georges Dupont**, **Raymond Dulou** et Mlle **Geneviève Clément**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans un précédent Mémoire ([1]) nous avons montré que, en présence d'un peroxyde, le tétrachlorure de carbone se fixe quantitativement au nopinène pour donner un dérivé cristallisé de formule $C_{11}H_{16}Cl_4$. Nous sommes aujourd'hui en mesure de donner la formule développée de ce corps qui est (II) et résulte, non pas de la fixation des radicaux CCl_3 et Cl sur la double liaison



du nopinène (I), mais sur les atomes 7-8 avec ouverture du pont et création d'une double liaison entre les atomes 4 et 5. Cette formule est démontrée par les faits suivants :

a. *Existence d'une double liaison*. — 1° Existence dans le spectre Raman d'une raie forte de fréquence 1675 cm^{-1} ;

2° Possibilité de fixer à froid deux atomes d'hydrogène en présence d'un platine très actif en donnant un produit fondant à 73°, de formule $C_{11}H_{18}Cl_4$ et dont le spectre Raman ne présente plus aucune raie de double liaison ;

3° L'acide perbenzoïque permet également de caractériser la présence d'une double liaison.

b. *Position de la double liaison*. — 1° Le composé tétrachloré est actif

([1]) G. Dupont, R. Dulou et Mlle G. Clément, *Bull. Soc. Chim.* Communication du 25 novembre 1949 ; *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 8.

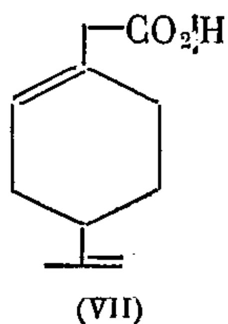
($[\alpha]_D = -64°$) et son produit d'hydrogénation est inactif. Ces faits sont en accord avec la formule (II).

2° La potasse alcoolique conduit à un dérivé dichloré [formule (III)] à doubles liaisons conjuguées qui, sous l'effet du platine d'Adams, peut réagir sur cinq molécules d'hydrogène en donnant l'homomenthane (IV).

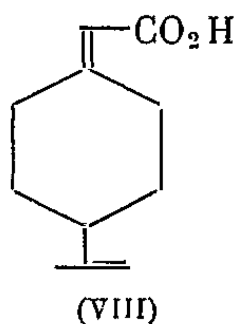
En présence de nickel Raney et de potasse, on obtient seulement l'homocarvomenthène (V).

Enfin, le corps tétrachloré lui-même donne, dans les mêmes conditions, *l'homodipentène* (VI). Ce corps a été identifié par son tétrabromure déjà connu (F 125°) et par la presque identité de son spectre avec celui du dipentène. Par l'action du platine d'Adams d'ailleurs, il donne l'homocarvomenthène qui a été identifié avec le corps précédemment obtenu. Cet ensemble de propriétés légitiment la formule (III) et par suite la formule (II) elle-même.

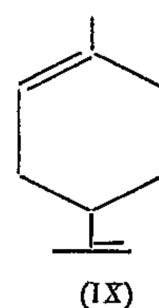
c. Enfin le dérivé tétrachloré, traité par la baryte en solution glycolique à 175°, a donné le sel de baryum d'un acide de formule (VII) que l'on n'a pas pu décarboxyler par les moyens qui conviennent dans le cas des acides α éthyléniques. Mais après isomérisation [en (VIII)] sous l'effet de la potasse, la décarboxylation est aisée à 150° et conduit au dipentène (IX) qui a été caractérisé par son tétrabromure (F 123°) et son spectre Raman.



(VII)



(VIII)


(IX)

Mécanisme de la réaction. — Kharasch et Sage (²) ont montré que $CBrCl_3$ était capable de réagir sur le butadiène en se fixant en majeure partie (75 %) en 1.4 en bout de chaîne. L'un de nous a depuis longtemps signalé la parenté qu'il y avait entre les réactions de la double liaison du pinène ou du nopinène, disposée en position β par rapport à un noyau cyclobutanique, et celles de deux doubles liaisons conjuguées, il y a résonance entre la double liaison 8.4 et la liaison 5.7 du nopinène (I) et les radicaux réagissant (ici CCl_3 et Cl) sont susceptibles de se fixer aux extrémités de la chaîne des atomes en résonance, c'est-à-dire sur les carbones 7 et 8. Cette réaction serait semblable à celle donnée par exemple par l'acide acétique en présence d'acide benzène-sulfonique, qui conduit à l'acétate de terpényle actif.

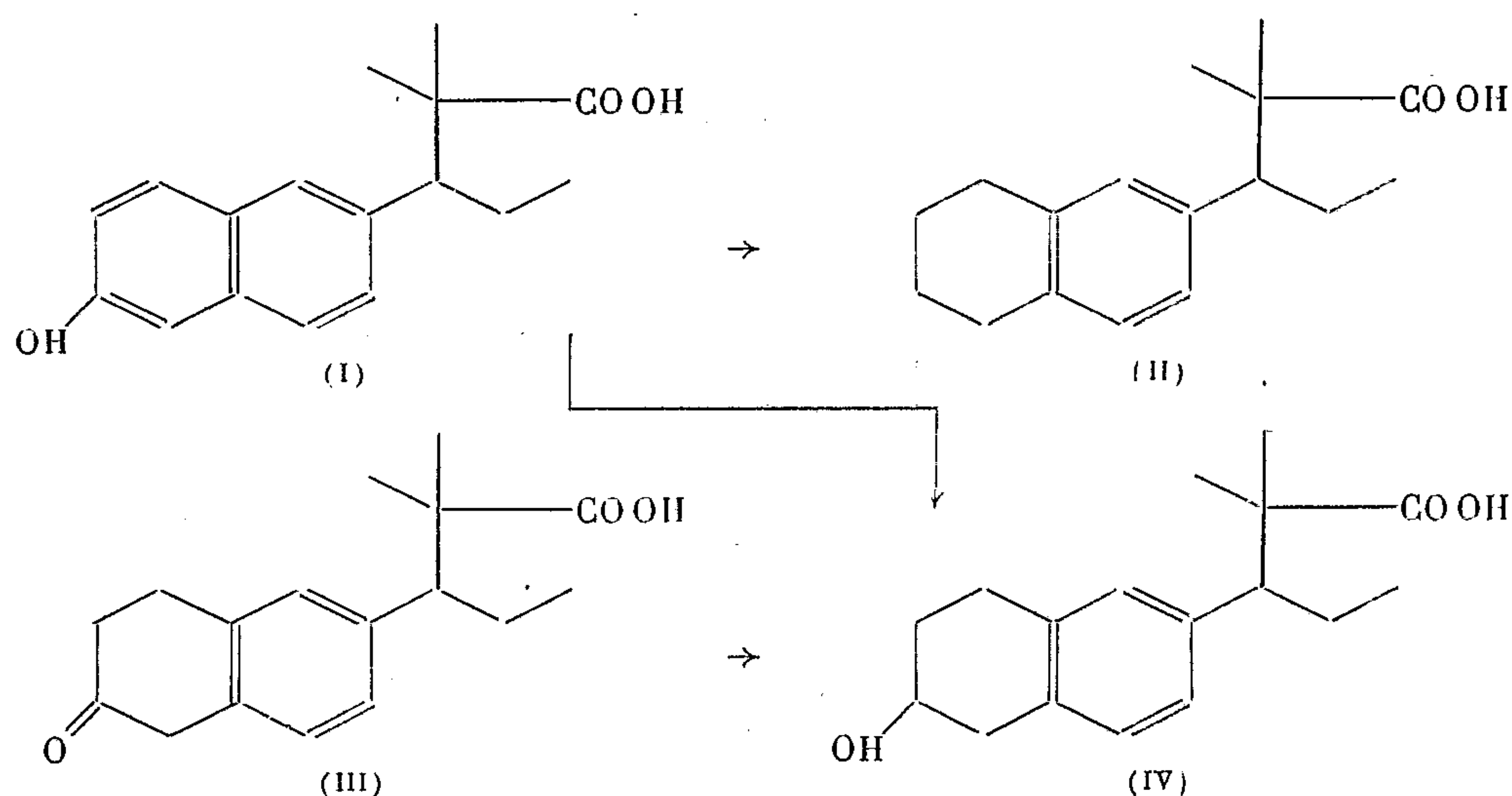
En réalité, dans le cas présent (fixation en présence de peroxyde), il y a lieu de penser que ce sont des radicaux libres et non des ions qui interviennent.

Un mémoire détaillé sera publié dans un autre recueil.

(²) *J. Org. Chem.*, **14**, 1949, p. 537.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Œstrogènes artificiels : nouveaux dérivés dans la série allénolique.* Note de MM. **Alain Horeau** et **Sylvestre Julia**, présentée par M. Marcel Delépine.

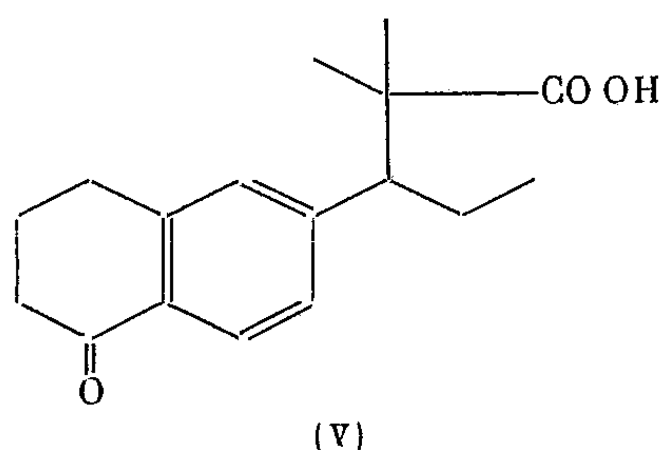
Dans une précédente Note ([1]) nous avons signalé que l'hydrogénation de l'acide diméthyléthylallénolique (I) conduit à un acide tétralinique (II) ne contenant plus de groupe hydroxyle. Le rendement n'est que de 40 %, ce qui nous a incités à examiner la composition des eaux-mères dans l'espoir d'isoler l'acide alcool (IV) attendu. Cet isolement a pu en effet être réussi par chromatographie des esters méthyliques bruts obtenus par action du diazométhane. La portion principale nous a fourni, après saponification, un acide alcool $C_{17}H_{24}O_3$, 1/2 H_2O fondant à 100-102° en perdant son eau de solvatation. Ce produit a été également obtenu par une autre voie. L'hydrogénation par le sodium et l'alcool de l'éther-oxyde méthylique du phénol (I), suivant la méthode originale de Robinson ([2]), fournit un acide cétonique (III) qui après purification par sa combinaison bisulfitique fond à 120° (semicarbazone de l'ester méthylique F 206°); ce cétoacide, hydrogéné en présence de nickel platiné, conduit à l'acide alcool (IV) précédent.



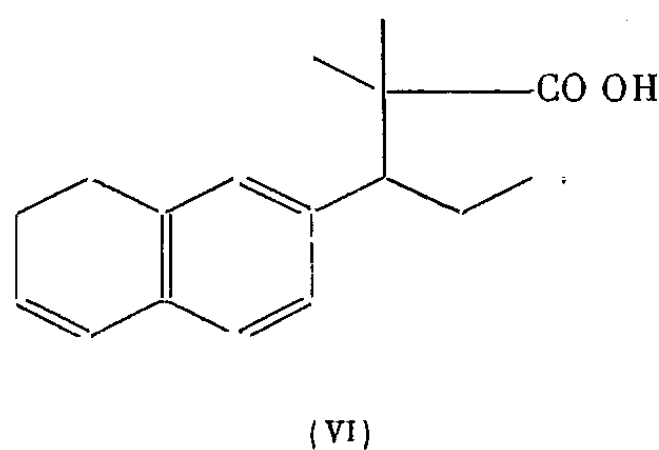
D'autre part, nous avons observé que l'oxydation par l'acide chromique dans l'acide acétique de l'ester méthylique de l'acide tétralinique (II), conduit à une nouvelle cétone qui a été isolée au moyen du réactif P de Girard (semicarbazone de l'ester méthylique F 237°). Nous lui assignons la formule (V), d'une α-tétralone, car son hydrogénation par le nickel platiné conduit à un

([1]) Julia, Jacques et Horeau, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 660.
([2]) Cornforth, Cornforth et Robinson, *J. Chem. Soc.*, 1942, p. 689.

carbinol dont la déshydratation ($POCl_3$ dans la pyridine) fournit un composé éthylénique identique à celui produit par la déshydratation du carbinol (IV) : même acide éthylénique (VI), F 91-92°.

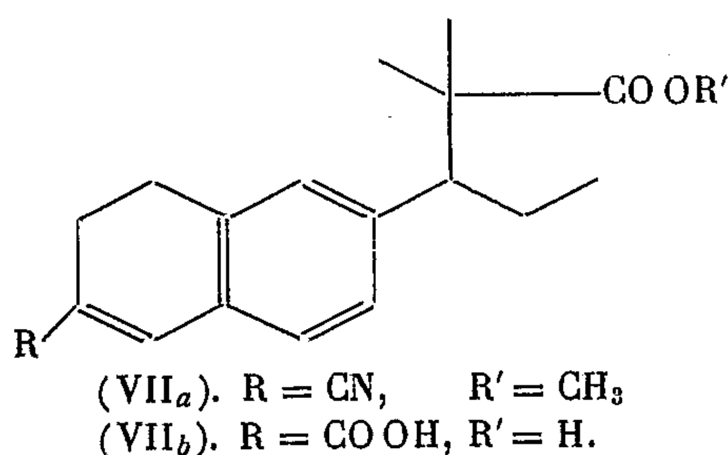


(V)

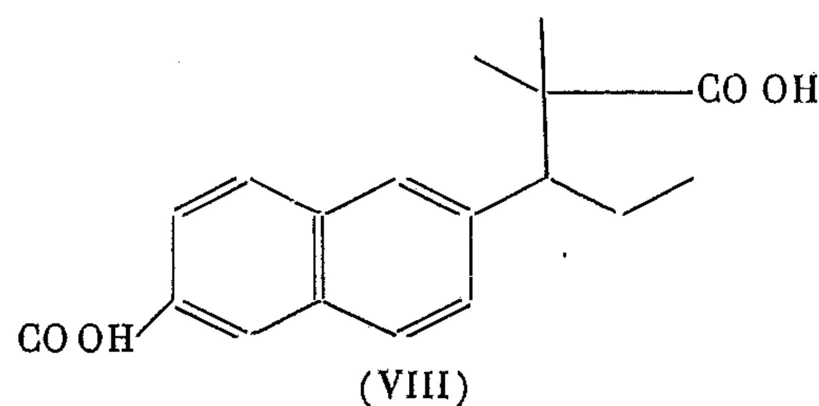


(VI)

Par ailleurs, Marker ayant obtenu, dans la série de l'androstane ([3]), un acide fortement œstrogène dont le carboxyle est situé en position 3, nous avons préparé dans la série allénolique le diacide (VIII) à partir du céto-acide (III); les composés intermédiaires ont été les suivants : cyanhydrine-ester, nitrile-ester éthylénique (VII_a) diacide éthylénique (VII_b) F 219°, puis aromatisation par le soufre à 220° en diacide naphtalénique (VIII) F 233° (diester méthylique F 80°).



(VII_a). R = CN, R' = CH_3
(VII_b). R = CO OH, R' = H.



(VIII)

Les résultats biologiques obtenus avec certaines de ces substances seront publiés ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses diéniques à partir de l'αα'-diphénylisobenzofuranne.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **André Spire**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparation d'adducts (I), (II), (III) par addition diénique de dérivés crotoniques (aldéhyde, acide, ester éthylique) à l'αα'-diphénylisobenzofuranne (XII). Leur déshydratation en dérivés naphtaléniques peut donner lieu à des anomalies (décarbonylation et décarboxylation) et conduit alors au méthyl-2 diphényl-1.4 naphtalène (IV).

Cette étude est la suite des travaux relatifs à la préparation de nouveaux dérivés du diphényl-1.4 naphtalène par synthèse diénique avec l'αα'-diphényl-

([3]) Marker, Kamm, Oakwood et Laucius, *J. Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1948.

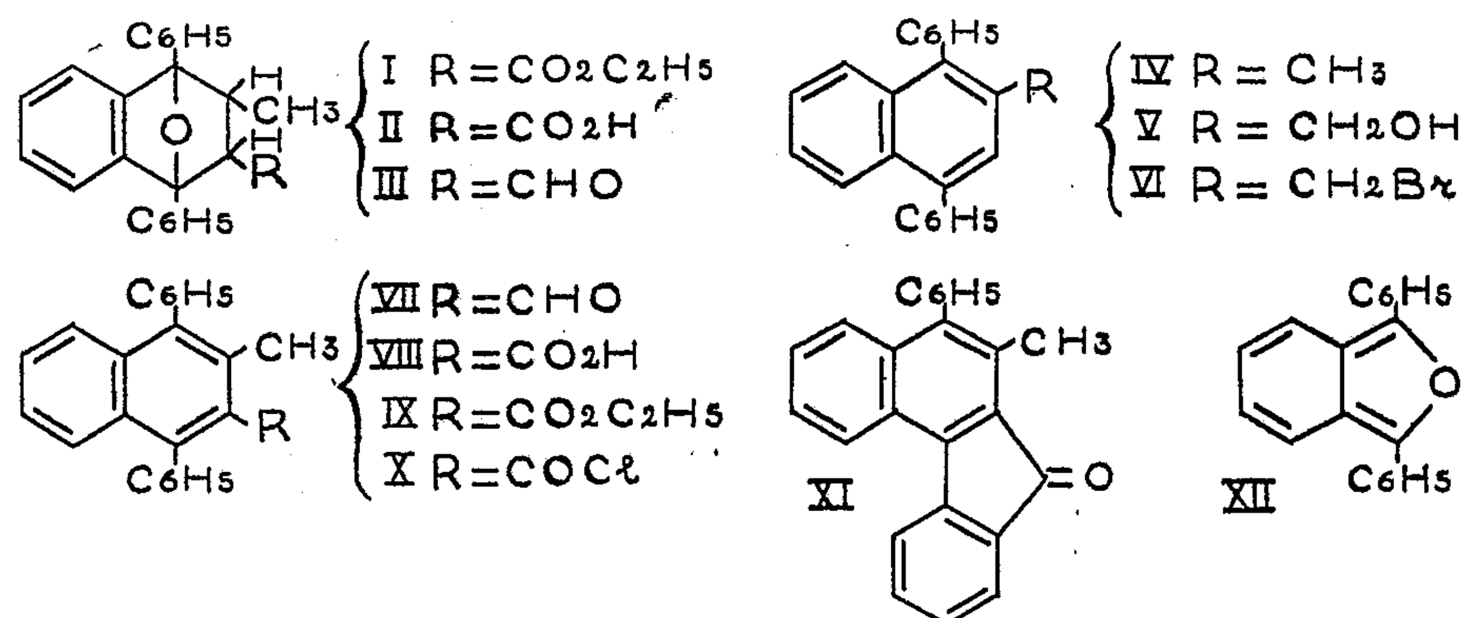
(*) Séance du 31 mai 1950.

isobenzofuranne (XII), comme diène, et divers composés à liaison éthylénique activée, comme philodiènes.

Après l'anhydride maléique ([1]), l'acroléine et la méthylvinylcétone ([2]), l'étude s'est poursuivie par l'emploi de l'aldéhyde crotonique, de l'acide crotonique et de son ester éthylique, corps dont les adducts avec l'$\alpha\alpha'$-diphénylisobenzofuranne permettent d'aboutir, après déshydratation, à des dérivés du diphényl-1.4 méthyl-2 naphtalène.

A froid, dans le chloroforme, ces philodiènes réagissent avec des vitesses variables (la réaction se fait en quelques jours pour l'aldéhyde et l'acide crotonique et en un mois pour le crotonate d'éthyle); ils ne donnent dans chaque cas, comme produits d'addition, qu'un seul corps incolore au lieu des deux stéréoisomères qui ont déjà été trouvés dans des réactions analogues : avec la méthylvinylcétone et l'acroléine, par exemple ([2]).

Nous avons ainsi obtenu : — avec le crotonate d'éthyle : le diphényl-1.4 méthyl-2 carbéthoxy-3 époxy-1.4 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène, $C_{26}H_{24}O_3$, $F_{inst.}$ 155°, (I); — avec l'acide crotonique : le diphényl-1.4 méthyl-2 carboxy-3 époxy-1.4 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène (II), $C_{24}H_{20}O_3$, $F_{inst.}$ 235°; — avec l'aldéhyde crotonique : le diphényl-1.4 méthyl-2 formyl-3 époxy-1.4 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène (III), $C_{24}H_{20}O_2$, $F_{inst.}$ 130°. Ces trois adducts se dissocient par chauffage en redonnant les constituants initiaux.



En vue d'obtenir les dérivés naphtaléniques, par déshydratation, ils ont été traités par l'acide chlorhydrique en solution dans l'éthanol. Les deux premiers (I), (II) donnent les dérivés attendus, soit, respectivement, l'ester éthylique de l'acide diphényl-1.4 méthyl-2 naphtoïque-3 (IX), $C_{26}H_{22}O_2$, prismes incolores (éthanol), F_{inst} 129°, et l'acide lui-même (VIII) $C_{24}H_{18}O_2$, prismes incolores (éthanol), F_{inst} 241°. Cet acide est très stable à la décarboxylation : par chauffage on n'obtient pas le diphényl-1.4 méthyl-2 naphta-

([1]) R. Weiss, A. Abelès et E. Knapp, *Monatsh. für Chemie*, 61, 1932, p. 162.

([2]) A. Étienne et E. Toromanoff, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 306.

lène (IV) mais la méthyl-1 phényl-2 benzo-3.4 fluorénone (XI), $C_{24}H_{16}O$, prismes orangés (benzène), F_{inst} 207°, provenant d'une cyclisation du carboxyle avec le phényle voisin. Ce corps a une très grande tendance à se former puisqu'on l'obtient, au lieu du chlorure d'acide (X), que nous n'avons pas pu isoler, en traitant l'acide par le chlorure de thionyle.

Par contre, l'adduct (III), obtenu à partir de l'aldéhyde crotonique, ne se déshydrate pas en l'aldéhyde naphtoïque attendu (VII), mais donne un hydrocarbure, aiguilles ou feuillets incolores (éthanol), F_{inst} 129°, dont la formule brute, $C_{23}H_{18}$, et les propriétés correspondent à un méthyldiphénylnaphtalène, provenant d'une déshydratation et d'une décarbonylation. Cette réaction de déshydratation d'adducts époxydiques par les acides pouvant donner lieu à des phénomènes de transpositions, nous avons tenu à établir que l'on avait bien abouti au diphényl-1.4 méthyl-2 naphtalène (IV). Cette vérification a consisté à transformer ce corps par le N-bromosuccinimide, en un dérivé monobromé, qui a été trouvé identique à l'ester bromhydrique d'un carbinol, le diphényl-1.4 hydroxyméthyl-2 naphtalène (V) déjà préparé antérieurement ([3]). Cet ester, obtenu par l'action du tribromure de phosphore, ne peut être que le diphényl-1.4 bromométhyl-2 naphtalène (VI), $C_{23}H_{17}Br$, prismes incolores (acide acétique) F_{inst}= 143°. Ces expériences permettent de vérifier encore que le N-bromosuccinimide a la propriété de donner, avec les dérivés méthylés aromatiques, une bromuration sur le méthyle plutôt que sur le noyau [*voir* entre autres ([4])].

En raison de l'anomalie constatée dans l'essai de déshydratation de l'adduct (III) par l'acide chlorhydrique en solution dans l'éthanol, nous avons été amenés à rechercher si les mêmes phénomènes se produisaient avec le même hydracide en solution dans l'acide acétique. Dans ces conditions l'adduct (I) a conduit sans anomalies à l'ester (IX) comme ci-dessus. Par contre, l'adduct (II) se décarboxyle partiellement en donnant le diphényl-1.4 méthyl-2 naphtalène (IV), en même temps que l'acide (VIII). Dans le cas de l'adduct (III), on obtient uniquement le diphényl-1.4 méthyl-2 naphtalène (IV) comme auparavant.

Au cours de ces réactions de déshydratation, la déformylation des produits d'addition diénique est plus facile que la décarboxylation, laquelle est elle-même plus aisée que la décarbéthoxylation.

Si l'on compare maintenant ces résultats à ceux qui ont été obtenus avec l'acroléine, l'acide acrylique ([5]), la méthylvinylcétone, on constate que pour les dérivés crotoniques, la vitesse de réaction de l'addition diénique est plus lente que pour les dérivés acryliques simples. De plus, les réactions secondaires

---

([3]) J. Robert, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 906.
([4]) J. Lecocq, *Ann. de Chimie*, 1948, p. 62.
([5]) Le cas des adducts de l'acide acrylique est encore inédit.

de la déshydratation (décarbonylation et décarboxylation) sont plus faciles, toutes proportions gardées, dans le cas des adducts crotoniques que dans le cas des adducts acryliques.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la transgression du Jurassique supérieur à Notre-Dame-des-Neiges, près Briançon (Hautes-Alpes).* Note de M. **Marcel Lemoine**, présentée par M. Paul Fallot.

Immédiatement à l'Ouest de Briançon, la couverture mésozoïque du Houiller de la zone du Briançonnais affleure dans la falaise qui, à l'Est et au Nord-Est de la Chapelle de Notre-Dame-des-Neiges, domine la Durance, à 2300^m d'altitude. Dans la coupe, depuis longtemps classique (W. Kilian et J. Revil, F. Blanchet, M. Gignoux), que l'on peut faire sous la Chapelle, le Jurassique supérieur semble transgressif sur le Trias. Mais on ne peut affirmer que, là, le contact entre ces deux formations soit purement stratigraphique : il a pu y avoir laminage d'assises intermédiaires. Par contre, toujours dans la même falaise, 300^m au Nord-Est de la Chapelle, l'éperon rocheux qui descend à l'Est de la cote 2287 offre une belle coupe, intacte, de la série mésozoïque, où l'on observe, à la base du Jurassique supérieur, un conglomérat d'une nature particulière. Cette coupe est la suivante, de bas en haut :

1° Calcaires dolomitiques gris du *Trias*.

2° *Conglomérat* à galets triasiques (2 à 3^m).

3° Schistes et marno-calcaires noirs (6^m) attribuables, d'après M. Gignoux, à l'*Oxfordien s. l.*, et se chargeant vers le haut de bancs de calcaires à grain fin (8^m).

4° Marbres à grain fin, roses ou verts, à Radiolaires (2^m).

5° Calcaires gris à zones siliceuses du *Tithonique-Néocomien*.

Le conglomérat situé à la base des schistes oxfordiens souligne leur transgression sur le Trias. Les éléments qui y sont remaniés sont des calcaires et des dolomies triasiques. A sa base, sur 1^m,50 environ, ces éléments sont anguleux, dans un ciment argilo-gréseux ou argileux rouge. Dans sa partie supérieure, où les galets sont arrondis et souvent de grandes dimensions (jusqu'à 40^{cm}), le ciment, bien développé, est très particulier. C'est une roche de couleur rouge, dure, surtout siliceuse, à grain très fin. Au microscope, on y voit un fond constitué par de la silice, de l'oxyde de fer et de la calcite microcristallins, en proportions variables d'un échantillon à l'autre ou dans une même lame mince ; çà et là nagent des rhomboèdres de carbonate, des grains de quartz clastique, des débris anguleux de dolomies triasiques. Ce ciment est le plus souvent pétri de *Radiolaires,* dont le squelette est fréquemment conservé, et qui appartiennent pour la plus grande majorité aux *Spumellaria*. Considéré isolément, comme une entité pétrographique distincte des éléments détritiques qu'il enrobe, ce ciment est donc un *Jaspe à Radiolaires* (Radiolarite), pouvant passer à un Jaspe sili-

ceux sans Radiolaires, ou au contraire à une roche fine calcaréo-siliceuse pétrie de ces organismes.

Ainsi, lors de la transgression du Jurassique supérieur sur le Trias érodé de cette partie du Briançonnais, alors que des apports détritiques avaient encore lieu, notamment sous la forme de galets roulés empruntés du substratum, il se déposait un sédiment fin, essentiellement siliceux, d'origine chimique et biologique, proche parent des vases à Radiolaires. Un tel mode de gisement semble exceptionnel. Toutefois, des conglomérats cimentés par une Radiolarite sont connus dans les nappes austro-alpines inférieures des Grisons ([1]).

Quelles sont les circonstances particulières qui ont pu présider à l'édification de ce conglomérat? Ses éléments détriques peuvent provenir soit de terres émergées voisines, soit d'un remaniement sous-marin du substratum immergé. Nous penchons plus volontiers en faveur de la première hypothèse : la région briançonnaise, qui avait déjà été partiellement exondée au Lias et au début du Dogger (dans lequel on trouve des schistes charbonneux et des débris de plantes), l'était certainement encore en grande partie avant la transgression argovienne. Il ne semble donc pas que notre sédiment à Radiolaires ait pu ici se déposer à une très grande profondeur. La proportion élevée des *Spumellaria* par rapport aux très rares *Nassellaria* impliquant une faune de Radiolaires épipélagiques et non bathypélagiques, est en accord avec ce point de vue, qui d'ailleurs a été récemment évoqué par M. Gignoux pour les Radiolarites des zones subriançonnaise et briançonnaise ([2]).

Le problème est plutôt d'expliquer l'existence au lieu considéré d'un plancton siliceux à Radiolaires. Quel est l'agent qui a pu apporter la silice nécessaire? L'intervention d'éruptions volcaniques contemporaines, qui ne peuvent se situer que plus à l'Est, dans les Schistes lustrés, ne doit être évoquée ici qu'avec prudence, dans l'ignorance actuelle où nous sommes de l'âge exact de ces éruptions. Mais on pourrait envisager aussi une autre hypothèse : sur des terres briançonnaises encore partiellement émergées à cette époque anté-argovienne ([3]), il a pu s'élaborer, à partir d'argiles de décalcification, et sous un climat propice, une terre latéritique enrichie en fer et en alumine. Une libération de silice sous forme colloïdale en est le corollaire ([4]). Ainsi, notre conglomérat aurait été édifié à l'aide de trois apports différents : galets plus ou moins roulés, arrachés à la terre émergée par la mer transgressive; argiles rouges de

---

([1]) H. P. CORNELIUS, *Geologie der Err-Julier Gruppe,* Berne 1935, p. 222; H. GRUNEAU, *Geologie von Arosa, Diss.*, Berne 1947, p. 38.

([2]) *C. R. Somm. S. G. F.*, 1948, p. 354.

([3]) M. GIGNOUX, *C. R. Somm. S. G. F.*, 1936, p. 114.

([4]) Des réactions chimiques analogues, avec concentration du fer et libération de la silice, seraient d'ailleurs possibles aussi au fond de la mer : K. HUMMEL. *Geol Rundsch.*, **13**, 1922, p. 41-81, 97-136.

décalcification, plus ou moins latéritisée; silice colloïdale ayant pu soit précipiter directement, soit être utilisée par des Radiolaires de surface pour édifier leur squelette, l'abondance locale de silice dans l'eau de mer leur ayant permis de pulluler.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'âge du Houiller du Bassin de La Mure (Isère) et de la zone externe des Alpes.* Note (*) de MM. **Alexis Bouroz** et **Paul Corsin**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le Houiller du Bassin de La Mure avait été parallélisé avec la zone à *Mixoneura* de la Sarre et de la Lorraine (Westphalien D). En réalité, il appartient au Stéphanien inférieur comme le montre l'étude de sa flore et de sa faune limnique.

D'abord attribué au Stéphanien moyen par Grand'Eury (1) puis au Stéphanien sans indication d'assise par Zeiller (2), le Houiller de la Mure fut placé récemment par P. Bertrand (3) dans le Westphalien D (zone à *Mixoneura*).

Grâce à MM. les Professeurs Gignoux et Moret, nous avons pu revoir les échantillons de plantes fossiles recueillis dans la zone externe du Houiller des Alpes et conservés au Musée du Laboratoire de Géologie de Grenoble. Enfin, par des récoltes méthodiques dans les niveaux fossilifères des couches de La Mure, l'un de nous (A. B.) a apporté des éléments nouveaux sur lesquels sont basées beaucoup de nos déterminations.

1. En négligeant les espèces sans aucun intérêt stratigraphique, nous avons établi la liste de plantes houillères suivantes provenant de divers points de la région de La Mure (Peychagnard, Villaret, Saint-Arey, La Motte d'Aveillans) : *Pecopteris arborescens* Schl. (Ab.), *P. lamurensis* Heer (Tr. Ab.), *P. polymorpha* Brgt (Tr. Ab.), *P. unita* Brgt, *P. affinis* Brgt, *P. saraefolia* P. B. (Tr. rare), *P. cyathea* Schl., *P. oreopteridia* Schl., *P. Pluckeneti* Brgt, *P. plumosa-dentata*, *P. Candollei* Brgt, *P. Platoni* Gr'E., *P. feminaeformis* Schl. (Tr. rare), *Alethopteris Grandini* Brgt, *Mixoneura Deflinei* P. B. (Tr. r.), *Odontopteris subcrenulata* Rost, *O. Reichi* Gut. (Tr. r.), *Callipteridium pteridium* Schl. (Tr. r.), *Linopteris Brongniarti* Gut., *Diplotmema* cf. *Busqueti* Zeil. et cf. *Ribeyroni* Zeil., *Sphenophyllum oblongifolium* Germ., *Sph. majus* Bronn, *Sph. emarginatum* Brgt, *Sigillaria Brardi* Brgt.

Une première constatation s'impose : le Houiller de La Mure n'est pas *riche en Mixoneura* comme l'avait affirmé P. Bertrand (4), mais au contraire les

(*) Séance du 31 mai 1950.

(1) *Flore Carb. départ. de la Loire*, 1877, p. 547-550.

(2) Kilian et Révil, *Mém. Carte géol. Fr.*, 2, 1er fasc., 1908, p. 107.

(3) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1349; *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 26, 1926, p. 385; *Congr. Intern. Stratigr. Carbonif. Heerlen*, 1, 1937, p. 73.

(4) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 26, 1926, p. 385.

Mixoneura y sont excessivement rares. La liste ci-dessus nous révèle une flore où les *Pecopteris* sont très abondants; parmi ceux-ci il faut souligner la haute fréquence de *P. arborescens* et de *P. lamurensis* que l'on trouve déjà dans la partie supérieure du Westphalien D, mais qui sont infiniment plus caractéristiques du Stéphanien A. On y remarque également la présence de *S. oblongifolium, S. Brardi, O. subcrenulata, C. pteridium* qui sont des espèces purement stéphaniennes ainsi que des formes du Westphalien D parmi lesquelles il faut citer *Sphenoph. majus* et *Sphenoph. emarginatum,* ces deux dernières espèces ne s'élevant pas jusqu'au Stéphanien moyen. Le Houiller de La Mure a donc une position très nettement définie dans la série stratigraphique : il appartient au Stéphanien inférieur et il se parallélise avec l'Assise de Rive-de-Gier dont il possède la flore.

La faune limnique trouvée jusqu'à ce jour dans le Bassin houiller de La Mure comportait, outre des écailles de poissons paléoniscides et cycloïdes et des épines de Pleuracanthidés, quelques échantillons d'*Anthraconaia palatina* Schmidt, *Anthraconaia prolifera* Waterlot et *Estheria cebennensis* Gr' E.

L'étude de détail du Bassin houiller de La Mure entreprise par l'un de nous (A. B.), sous les auspices des Charbonnages de France, lui a permis de localiser dans le gisement exploité, un toit à schiste rubanné tendre dans lequel il y a un véritable pullulement de faune limnique. *Anthraconaia prolifera* s'y montre particulièrement abondante, accompagnée avec une fréquence moindre par *E. cebennensis*. En avril dernier nous avons pu y trouver également *Leaia Bæntschi* Beyr. La découverte de cette dernière espèce confirme les conclusions auxquelles aboutit l'étude de la flore seule : le Bassin houiller de La Mure est d'âge Stéphanien inférieur et correspond à l'Assise de Sarrelouis en Lorraine et aux couches de Molières dans le Gard (Assise de Rive-de-Gier). Comme dans le Bassin du Gard, on trouve dans celui de La Mure l'association : *L. Bæntschi, A. prolifera, E. cebennensis*.

2. M. Greber, ingénieur-géologue au B. R. G. G., a recueilli dans le terrain houiller d'Oris-en-Rattier : *P. lepidorachis* et dans celui d'Entraigues : *P. cyathea, P. polymorpha, P.* cf. *oreopteridia, P.* cf. *paleacea* Zeil., *P. Pluckeneti, O. Reichi, Sphenoph. oblongifolium.* Cette flore indique encore un âge stéphanien, mais étant donnée l'absence des *P. arborescens* et *lamurensis,* ces gisements pourraient appartenir à la zone supérieure du Stéphanien A ou à la base du Stéphanien B.

3. La présence de *P. arborescens* dans la formation de Vaulnaveys permet de dire qu'elle appartient encore au Stéphanien inférieur. Le Houiller de Theys (Les Ramiettes) comporte *Callipt. pteridium* et celui de Verneuil *P. cyathea* et *Ast. equisetiformis*. L'âge de ces lambeaux houillers est également stéphanien.

4. Dans la région de l'Oisans et des Rousses, nous avons reconnu au Glacier de Saint-Sorlin : *P. lamurensis, P. hemitelioides, P. unita, Neuropt. cordata*; route de l'Oisans sous la Porte Romaine : *P.* cf. *arborescens, P. victoriæ* nov.

sp.; Glacier de Saint-Sorlin et Col de la Croix de Fer : *P. Cyathea, Callipt. gigas*; Lac Saint-Sorlin et Col de la Croix de Fer : *P. Pluckeneti, Sphenoph. oblongifolium*; Mont de Lans : *P. polymorpha*; Mine de l'Herpie : *P.* cf. *lepidorachis*. Caractérisés par l'abondance de nombreux *Pecopteris* dont *P. lamurensis* et *P.* cf. *arborescens*, ces gisements appartiennent toujours au Stéphanien inférieur.

5. Le Houiller de Petit-Cœur comporte la présence de *P. cyathea, O. Reichi, O. Brardi, Callipt. pteridium, Neuropt.* cf. *Planchardi*. Il est d'âge Stéphanien moyen ainsi que l'a reconnu Zeiller ([2]).

6. Nous avons déterminé les empreintes suivantes provenant du Houiller de Beaufort : *P. cyathea* (Col de la Bathie, Arèches et Fontanus), *P. hemitelioides* (Col de la Bathie). Ces gisements appartiennent encore au Stéphanien.

7. La grande abondance de *Mixoneura sarana* P. B. dans les lambeaux houillers couronnant la Chaîne de Belledonne (Grande Lauzière) a permis au Professeur Moret ([5]) de les classer dans le Westphalien D.

OCÉANOGRAPHIE. — *Résultats scientifiques d'une mission hydro-océanographique à Safi; phénomènes littoraux*. Note de MM. **Jean Laurent** et **André Rivière**, présentée par M. Donatien Cot.

Analyse des déplacements des sédiments sableux sur un point de la côte atlantique du Maroc.

L'un d'entre nous a déjà exposé ([1]) certains des résultats obtenus par la mission de Safi, organisée par le Laboratoire central d'hydraulique.

Cette mission qui a effectué des observations océanographiques pendant plus d'un an avec de puissants moyens matériels, a permis de mettre en évidence un certain nombre de points importants, concernant plus particulièrement la sédimentologie littorale :

1° L'étude des dépôts de dragage déposés au large de la jetée de Safi où ils constituent un amas surbaissé (le sommet affleure la cote — 13^m) a montré qu'ils sont l'objet d'une *dispersion* lente et régulière vers le large, tout au moins dans le domaine exploré et jusqu'à des fonds de l'ordre de — 30^m.

2° Les tempêtes dominantes du Nord-Ouest, soufflant obliquement à la côte, produisent un recul des plages, un creusement marqué de l'estran, tandis que les petits fonds (jusqu'à — 7^m) sont sensiblement remblayés. Des phénomènes de cet ordre sont connus, mais les relevés de profil effectués par la mission montrent que l'ensemble des phénomènes correspond à un apport sédimentaire considérable.

([5]) *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 26, mars 1945.

([1]) J. Laurent, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1203.

3° Au cours des périodes de beau temps (vents dominants du secteur Ouest-Nord-Ouest), on a observé un remblayage marqué des plages et de l'estran ainsi qu'une érosion sensible des petits fonds. Les relevés de profils effectués par la mission montrent que l'ensemble des phénomènes correspond au total à une ablation sédimentaire importante.

4° Bien que des observations directes, confirmées par des calculs théoriques, aient montré que les sédiments sableux des fonds moyens (profondeurs supérieures à — 7^{m}) sont certainement remis en mouvement (même au cours de tempêtes modérées), ces fonds se sont, dans l'ensemble, montrés d'une stabilité topographique remarquable.

De ces résultats de caractère quantitatif se dégagent les notions suivantes :

1° La réalité du phénomène de dispersion, déduite par l'un de nous d'observations de morphologie littorale, est prouvée ici par des observations et des mesures directes. Elle apparaît comme la résultante des déplacements alternatifs imprimés aux sédiments des *fonds moyens* par l'action des vagues à laquelle se superposent l'action de la pesanteur et celle (classique) des courants de fond compensateurs des dénivellations au rivage produites par l'action des vents. Dans la réalité et bien que l'hypothèse contraire ne puisse être exclue *a priori*, cette résultante, si l'on considère une période de temps suffisamment longue, semble toujours dirigée vers le large, ses effets au rivage pouvant être masqués si des apports sédimentaires (apports fluviatiles ou apports par transfert) sont importants. La dispersion apparaît comme l'un des principaux facteurs de l'évolution littorale. En cas de déséquilibre naturel ou artificiel (par exemple dragages) des fonds littoraux, le phénomène de dispersion peut être notablement accéléré.

2° Les déplacements des sédiments sableux dans la zone des *fonds moyens* (au-dessous de — 7^{m} à Safi) apparaissant comme la somme algébrique d'oscillations de sens inverses dans les conditions précitées, sont des phénomènes de caractère lent et en quelque sorte équilibré. Au contraire, les déplacements sédimentaires sur les petits fonds et l'estran se faisant dans une zone de grande turbulence et sous l'effet de l'obliquité des vagues, sont de caractère irréversible et par suite quantitativement beaucoup plus actifs. Sauf peut-être dans les régions où les vents dominants soufflent à peu près normalement aux rivages, ils sont largement prédominants, et c'est généralement d'eux que dépend l'avancée ou le recul des rivages. Leur effet en chaque point semble dépendre en premier lieu de la charge sédimentaire, mais aussi, dans une assez large mesure, pour une même obliquité des vents, du sens dans lequel ils soufflent (vents de terre et vents de mer).

En définitive l'évolution des côtes formées de sédiments meubles dépend habituellement des facteurs suivants :

1° Intensité de la dispersion;

2° Importance relative des apports et de l'ablation par transfert littoral.

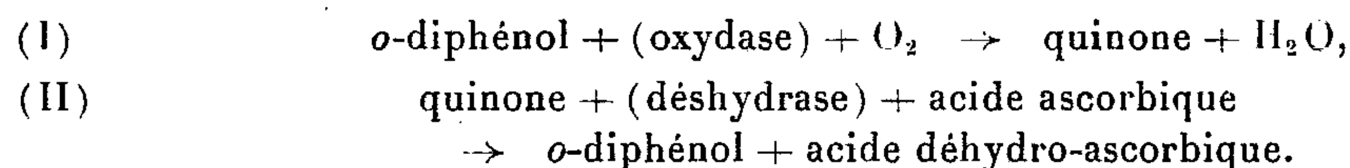
De l'interaction de ces phénomènes résultent des profils d'équilibre moyens, d'ailleurs susceptibles d'une lente évolution, dont la perturbation accidentelle (naturelle ou artificielle) peut, comme l'un de nous l'a montré ([2]), renverser (dans une région donnée) l'évolution normale des phénomènes sédimentaires.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Oxydation de l'acide ascorbique par les jus de Pomme*. Note de Mlle **Gilberte Legrand** et M. **Casimir Bogdanski**, présentée par M. Raoul Combes.

L'acide ascorbique ajouté au jus de Pomme n'est pas oxydé directement. Il maintient constante la concentration du substrat de l'oxydase en le réduisant, par l'intermédiaire d'une déshydrase, au fur et à mesure qu'il s'oxyde. Il permet une absorption d'oxygène proportionnelle au temps s'il est présent dans le jus en quantité suffisante.

De nombreuses préparations enzymatiques ont la propriété d'oxyder l'acide ascorbique. Ce phénomène, comme l'a montré le premier Szent-Gyorgyi, est parfois le résultat de l'action directe d'une diastase spécifique, l'acide ascorbique-oxydase qui, grâce à l'oxygène moléculaire, forme par déshydrogénation l'acide déhydro-ascorbique ([1]). Cependant, et le cas paraît fréquent chez les végétaux, l'oxydation biologique de l'acide ascorbique se produit également en présence de laccase ([2]) ou de certains oxydants tels que l'oxycytochrome ([3]) et les quinones ([4]) ([5]).

Les jus de Pomme frais contiennent une ortho-diphénolase active, généralement accompagnée d'un substrat phénolique ([6]). Ils oxydent l'acide ascorbique ainsi qu'en témoignent les dosages de l'acide déhydro-ascorbique formé ([7]). Dans ces réactions, le rôle intermédiaire d'une quinone ne fait aucun doute et le système doit se schématiser ainsi



(I) o-diphénol + (oxydase) + O_2 → quinone + H_2O,

(II) quinone + (déshydrase) + acide ascorbique → o-diphénol + acide déhydro-ascorbique.

L'o-diphénol constamment régénéré permet une nouvelle absorption d'oxygène.

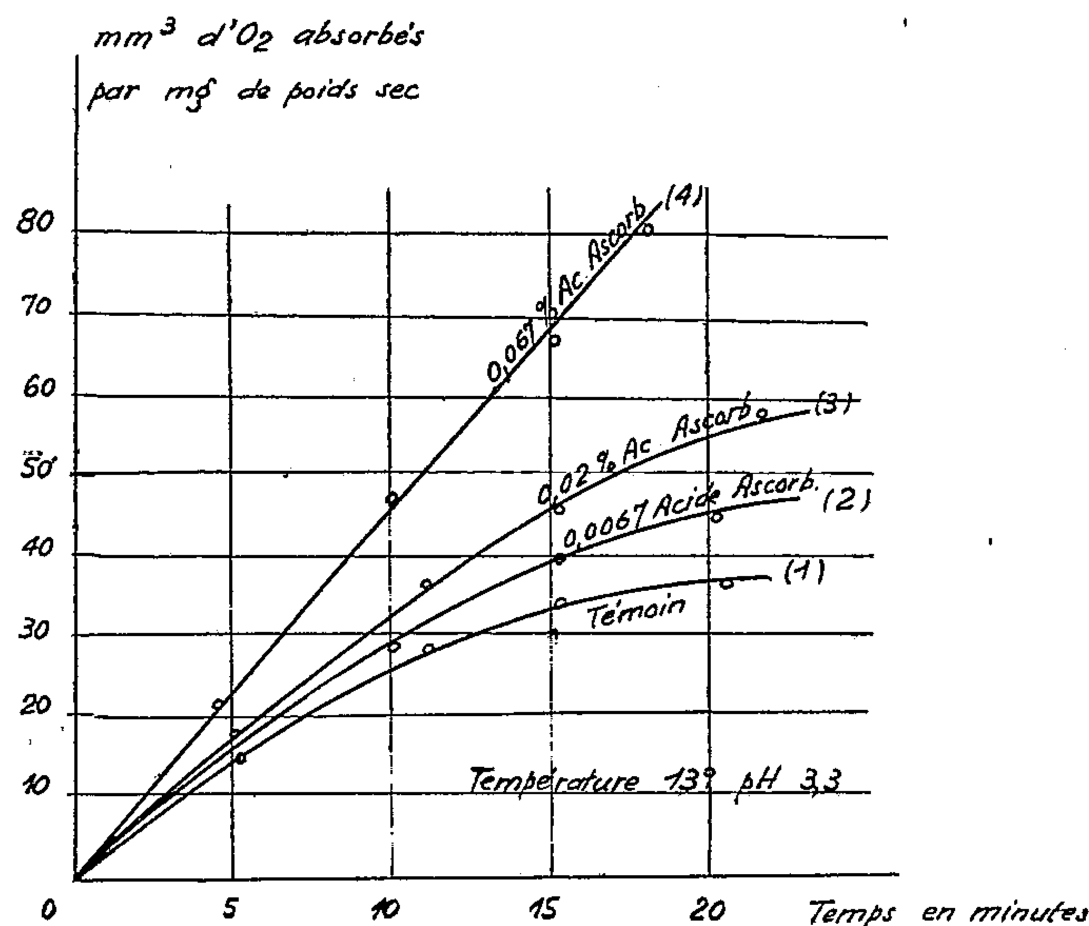
([2]) A. Rivière, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 413.

([1]) F. J. Hopkins et Morgan, *Biochem. J.*, 30, 1936, p. 1446.
([2]) D. Bertrand, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 27, 1945, p. 396.
([3]) D. Keilin et E. F. Hartree, *Proc. Roy. Soc. London*, 125 B, 1938, p. 171.
([4]) D. Keilin et T. Mann, *Proc. Roy. Soc. London*, 125 B, 1938, p. 187.
([5]) H. Tauber, *Ergeb. Enzymfors.*, 7, 1938, p. 301.
([6]) C. Bogdanski et G. Legrand, *Ind. agr. et alim.*, 67e A, 1950 (sous presse).
([7]) Ponting et Joslyn, *Arch. of Biochem.*, 19, 1948, p. 47.

A l'appui de cette théorie, nous avons vérifié que l'addition d'acide ascorbique au milieu diastasique favorisait l'absorption d'oxygène et empêchait de se produire le brunissement dû à la formation de la quinone.

Les extraits sont préparés en écrasant la pulpe du fruit dans un broyeur d'acier inoxydable. On recueille le jus qui s'écoule; on en prélève 2^{cm^3} auxquels on ajoute 1^{cm^3} d'une solution titrée d'acide ascorbique; ainsi, les concentrations d'acide ascorbique dans le milieu sont successivement 0,0067, 0,02 et 0,067 %. Le volume d'oxygène absorbé est mesuré au manomètre de Warburg.

Les résultats exposés dans le graphique suivant se rapportent à la variété de Pomme dite *Groseille rouge*.



Cet exemple, pris parmi bien d'autres analogues, a été choisi à dessein : la variété nommée contient une oxydase active comme le montre la rapidité avec laquelle le pyrocatéchol est oxydé, mais peu d'ortho-diphénol naturel, car le jus brut absorbe relativement peu d'oxygène et brunit lentement; ceci, joint au fait que la courbe d'absorption d'oxygène par le jus brut n'est pas rectiligne, nous autorise à penser que l'oxydase est en excès par rapport au substrat. Dans ces conditions, le rôle de l'acide ascorbique ajouté au milieu apparaît très nettement. En effet, dans les essais correspondant aux courbes 2 et 3, la teneur en acide ascorbique est faible et celui-ci ne suffit pas, en un temps donné, à réduire toute la quinone formée. La concentration en *o*-diphénol diminue donc, le volume d'oxygène absorbé décroît et le brunissement apparaît peu à peu. Dans l'essai 4, la quantité d'acide ascorbique est suffisante pour réduire la totalité de la quinone. Tout se passe donc comme si l'*o*-diphénol instantanément régénéré conservait une concentration constante et la courbe d'absorption d'oxygène en fonction du temps devient rectiligne, bien

que l'enzyme soit en excès par rapport au substrat, et le brunissement n'apparaît pas.

Dans ce système d'oxydo-réduction les déshydrases jouent un rôle important et l'acide ascorbique constitue un excellent donateur d'hydrogène. Il est facile de constater que la réduction chimique de la quinone exige une dose d'acide ascorbique très supérieure à celle qui est nécessaire en présence de déshydrase; si l'on porte à l'ébullition un jus de Pomme ayant bruni, il faut ajouter plus de 0,07 % d'acide ascorbique pour obtenir la décoloration et il n'y a aucune absorption d'oxygène. L'existence de la déshydrase est confirmée par la décoloration rapide et réversible du bleu de méthylène par les jus de Pomme pourvu que le pH soit supérieur à 7.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la pseudo-yohimbine.* Note (*) de MM. **Maurice-Marie Janot, Robert Goutarel** et **M. Amin**, présentée par M. Paul Lebeau.

La pseudo-yohimbine a été isolée des résidus de la préparation de la yohimbine par Karrer avec Salomon en 1926 (1) et obtenue à nouveau par le même savant avec Enslin en 1949 (2). Nous avons extrait d'une source analogue un alcaloïde présentant une grande analogie avec les quelques données rapportées pour la pseudo-yohimbine, mais s'en différenciant apparemment par un point de fusion instantanée plus élevé : 293°, au lieu de 264-265° (1) ou 254° (2). Il résulte d'une très récente correspondance de M. P. Karrer que, d'après son examen, les deux produits sont bien identiques, ce qui nous amène à publier nos résultats.

L'alcaloïde cristallisé de l'alcool éthylique ou méthylique se présente en beaux prismes fusibles instantanément à 293°; $[\alpha]_D + 27°,6 \pm 1°,5$ (py, 1 %). Il est très peu soluble dans la plupart des solvants organiques : alcool, éther, chloroforme, acétone et même pyridine.

La pseudo-yohimbine répond à la formule $C_{21}H_{26}O_3N_2$ (trouvé %, C 71,4; 71,2; H 7,1; 7,2; N 8,1; calculé %, C 71,16; H 7,39; N 7,91), ce qui en fait bien un isomère de la yohimbine dont elle possède le spectre d'absorption dans l'ultraviolet caractéristique du chromophore indolique : λ(mμ) (log ε) : 281 (3,86), 248 (3,39); 225 (4,48).

Chlorhydrate. — Il cristallise du mélange méthanol-éther ou de l'acétone sous forme de belles aiguilles F 233°; $[\alpha]_D - 10° \pm 1°,5$ (eau 5 %).

La déshydrogénation sélénique conduit aux trois dérivés classiques obtenus

(*) Séance du 31 mai 1950.

(1) *Helv. Chim. Acta*, **9**, 1926, p. 1059-1062.

(2) *Helv. Chim. Acta*, **32** 1949, p. 1396.

à partir de la yohimbine, c'est-à-dire la *yobyrine*, la *tétrabyrine* et la *cétoyobyrine*. La saponification par la potasse méthylique *n* donne *l'acide pseudo-yohimbique*, F 247-248°; $[\alpha]_D - 23° \pm 1°$ (py 0,5 %) et l'estérification méthylique redonne la pseudo-yohimbine. L'ester éthylique a également été préparé, F 215°.

La décarboxylation par la chaux sodée de l'acide pseudo-yohimbique donne la *yohimbone*, F 310-311°; $[\alpha]_D - 105°$(py).

L'oxydation de la pseudo-yohimbine ou de l'acide par la méthode d'Oppenauer donne une cétone différente de la yohimbone : la *pseudo-yohimbone* $C_{19}H_{22}ON_3$ (trouvé %, C 77,4; H 7,4; calculé %, C 77,51; H 7,53), F 287°; $(\alpha)_D - 23°,9 \pm 1°$ (py 1 %).

Enfin la réduction de la pseudo-yohimbone par la méthode de Wolff-Kischner ne donne pas le pseudo-yohimbane attendu mais le yohimbane, F 210°; $(\alpha)_D - 83 \pm 4°$ (alcool 1 %) identique à celui obtenu soit à partir de la yohimbine ([3]) soit à partir de la corynanthine ([4]).

La confrontation des résultats précédents avec ceux rapportés pour le yohimbène ([5]) conduit à admettre une parenté frappante entre cet alcaloïde et la pseudo-yohimbine. En effet l'opposition des données optiques entre la base et d'une part le chlorhydrate et d'autre part l'acide ne se retrouve parmi les isomères de la yohimbine, que chez ces deux alcaloïdes : yohimbène $(\alpha)_D + 43°,7$ (py); chlorhydrate $- 8°,8$ (eau); acide $- 17°,1$ (py).

Witkop ([6]) a de plus montré que si l'acide yohimbénique a donné par décarboxylation la yohimbone ([5]), l'oxydation par la méthode d'Oppenauer permet d'isoler une cétobase totalement différente : la yohimbénone, F 268°. Cet auteur explique ce résultat par un mode d'attache différent des cycles D et E dans la yohimbine et le yohimbène, différence stérique qui serait supprimée dans les conditions extrêmes de la décarboxylation sur chaux sodée (300°).

Nous rencontrons un cas identique, avec la pseudo-yohimbine et pouvons penser que pseudo-yohimbone et yohimbénone sont identiques.

Le passage de la forme pseudo-yohimbine à la forme yohimbine est encore confirmé par l'obtention du yohimbane à partir de la pseudo-yohimbone en raison sans doute de la température élevée (200°) et du milieu alcalin dans l'éthylène-glycol lors de la réaction utilisée.

Enfin Witkop ([7]) venant de démontrer que dans la yohimbine les cycles D

([3]) J. Jost, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1297-1305.

([4]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 509-515 et 659.

([5]) G. Hahn et W. Brandenberg, *Ber.*, 59, 1926, p. 2189; 60, 1927, p. 669-707; G. Hahn et W. Stenner, *Ber.*, 61, 1928, p. 278.

([6]) *Ann. d. Chem.*, 554, 1943, p. 83-126.

([7]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2559-2566.

et E sont en position *trans* dérivant d'une *trans* décahydroisoquinoléine, on peut raisonnablement supposer que dans la pseudo-yohimbine et le yohimbène les cycles D et E sont en position *cis* se transformant facilement en position *trans*.

Conclusion. — La pseudo-yohimbine $C_{21}H_{26}O_3N_2$ conduit à l'acide pseudo-yohimbique et à la pseudo-yohimbone nouvellement décrits. Le facile passage à la série yohimbique : obtention de la yohimbone et du yohimbane rapproche la pseudo-yohimbine du yohimbène et permet d'envisager de faire dériver ces deux alcaloïdes d'une *cis*-décahydroisoquinoléine (cycles D et E).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le caractère tumoral des tissus de Tabac ayant subi le phénomène d'accoutumance aux hétéro-auxines.* Note de MM. PIERRE LIMASSET et ROGER GAUTHERET, présentée par M. Joseph Magrou.

Les cultures de tissus provenant des tumeurs provoquées par le *Phytomonas tumefaciens* (Crown-Gall) fournissent des tumeurs par greffage. Si l'on traite des cultures de tissus normaux par une hétéro-auxine, elles manifestent, à la longue, une transformation analogue à celle caractérisant le Crown-Gall et sont alors susceptibles de former des tumeurs par greffage.

De nombreux tissus végétaux ne peuvent pas être cultivés en l'absence d'hétéro-auxine car ils sont incapables d'élaborer une quantité d'auxine suffisante à leur prolifération. Dans certaines conditions ces tissus subissent une transformation permanente consistant dans l'exaltation de leur faculté de synthétiser des auxines, et ils peuvent alors s'accroître sans apport externe de substances de division. Cette transformation s'observe dans le Crown-Gall [1], tumeur d'origine bactérienne dont les tissus peuvent être cultivés sans hétéro-auxine, même après élimination de la bactérie spécifique (*Phytomonas tumefaciens*). Elle se manifeste aussi à la suite d'un traitement prolongé par une hétéro-auxine (phénomène d'accoutumance) [2].

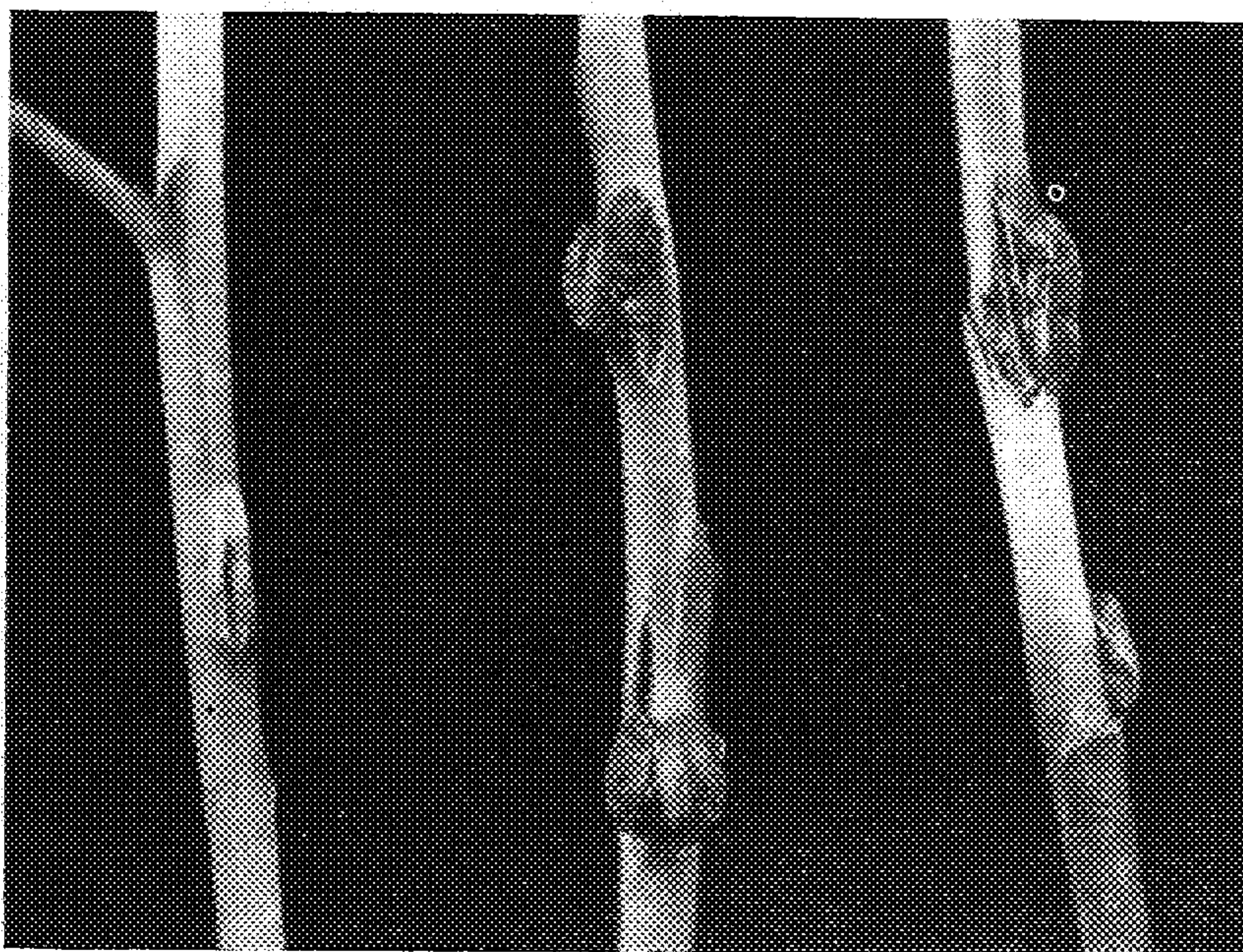
L'un de nous, avec la collaboration de M. Camus, a comparé les propriétés des tissus ainsi modifiés par voie bactérienne ou chimique. Pour cela des fragments de colonies tissulaires de Scorsonère d'origines diverses furent greffés sur des segments de racines de cette plante. Des greffons provenant de colonies normales n'ont manifesté aucune activité, tandis que d'autres, prélevés sur des colonies de tissus de Crown-Gall ou de tissus accoutumés, ont proliféré pour donner des tumeurs [3].

Ces expériences avaient établi que les tissus accoutumés possèdent des propriétés tumorales analogues à celles qui caractérisent le Crown-Gall. Mais elles

(1) PH. R. WHITE et A. C. BRAUN, *Cancer Research*, **2**, 1942, p. 597-617.
(2) R.-J. GAUTHERET, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **22**, 1942, p. 13-47.
(3) G. CAMUS et R.-J. GAUTHERET, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 744.

n'étaient pas absolument satisfaisantes, car les tumeurs obtenues à partir des tissus accoutumés étaient moins volumineuses que celles produites par les tissus de Crown-Gall (4). En outre la méthode de greffage *in vitro* sur des fragments isolés de racines différait des procédés habituels qui consistent à se servir de tiges de plantes entières.

Nous avons donc pensé qu'il serait intéressant de reprendre ces recherches sur un matériel dont la tige puisse se prêter à des expériences de greffage. Nous avons adopté le Tabac (*Nicotiana tabacum*) à partir duquel G. Morel (5) a pu obtenir des cultures de tissus de Crown-Gall et de tissus accoutumés.



Aspect de tiges de Tabac ayant été greffées depuis 42 jours.

A gauche, la tige fut greffée avec une languette de tisssu normal. *Au centre*, la tige fut greffée avec des fragments de tissu accoutumé. *A droite*, la tige fut greffée avec des fragments de colonie de tissu de Crown-Gall. (Cliché Faivre-Amiot.)

Ces nouveaux essais ont consisté à greffer, suivant la méthode de White (6), des fragments de colonies tissulaires sur des tiges de jeunes plantes de la variété *Samsun*. Les greffons étaient placés au-dessous des formations conductrices, entre la moelle et le liber interne. Ils étaient constitués par des languettes mesurant $8^{mm} \times 4^{mm} \times 0^{mm},2$, prélevées sur des colonies en pleine activité. Des témoins furent préparés en utilisant comme greffons des lambeaux d'écorce de

(4) G. Camus et R.-J. Gautheret, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 15.

(5) *Annales des Épiphyties*, **14**, 1948, p. 123-234.

(6) *Cancer Research*, **4**, 1944, p. 791-794.

jeunes tiges normales. L'expérience comporta 14 greffes de tissus accoutumés, 12 de tissus de Crown-Gall et 10 de tissus normaux. Les plantes ont reçu un à trois greffons. La reprise des fragments greffés a été excellente dans le cas des tissus accoutumés (12 reprises sur 14) et moins bonne dans le cas des tissus normaux et des tissus de Crown-Gall (50 % de reprises).

Dès le quinzième jour suivant la mise en place des greffons, nous avons observé que les fragments constitués par du tissu accoutumé ou du tissu de Crown-Gall avaient proliféré. Au bout de 42 jours ils s'étaient transformés en volumineuses tumeurs sans qu'il fût possible de distinguer celles provenant des colonies de Crown-Gall (voir figure). Au contraire les plantes greffées au moyen de tissus normaux n'ont manifesté que de légers processus cicatriciels.

En résumé ces expériences préliminaires ont établi que les tissus de Tabac ayant subi le phénomène d'accoutumance aux hétéro-auxines possèdent des propriétés tumorales identiques à celles des tissus de Crown-Gall.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Action locale de la testostérone injectée dans la glande sous-maxillaire de la Souris.* Note de Mme **Jeanne Raynaud**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

La testostérone, en injection locale dans une des sous-maxillaires, provoque une forte hypertrophie des tubules qui sont à son contact, alors que la glande témoin, non injectée, ne présente aucune réaction. Ce résultat met en évidence l'action directe de la testostérone sur la sous-maxillaire

On sait que, chez le Rat, les observations d'Hammett ([1]) et les recherches de Leblond et Grad ([2]) ont établi que la testostérone et la thyroïde coopéraient dans le développement de la glande sous-maxillaire.

Chez la Souris, Lacassagne ([3]) a tout d'abord établi que le développement considérable du segment tubuleux de la sous-maxillaire était conditionné par l'hormone mâle. Nous avons montré ensuite ([4]) que la thyroxine provoquait chez la Souris mâle castrée et chez la femelle normale une forte stimulation du segment tubuleux de la sous-maxillaire. Puis Avry et Gabe ([5]) observaient une atrophie de la sous-maxillaire chez les souris soumises à un régime rachitigène et présentant une atrophie thyroïdienne, et ils signalaient ([6])

([1]) *Am. J. of Anatomy*, 32, 1923, p. 75.
([2]) *Anatomical Record*, 100, 1948, p. 716; *Endocrinology*, 45, 1949, p. 250.
([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 133, 1940, p. 359.
([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950.
([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1105.
([6]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1611.

l'atrophie du segment tubuleux consécutive à la thyroïdectomie et son développement chez l'animal thyroïdectomisé recevant des injections de thyroxine.

L'ensemble de ces constatations posait le problème suivant : la testostérone exerce-t-elle une action directe sur la sous-maxillaire ? ou ne stimule-t-elle le développement de celle-ci qu'indirectement, par l'intermédiaire de la glande thyroïde ? C'est en vue d'apporter une première réponse à ce problème que nous avons étudié l'effet d'injections locales de testostérone dans la sous-maxillaire.

Technique expérimentale. — Pour réaliser cette expérience, nous avons utilisé une très fine aiguille de verre adaptée à l'extrémité d'une seringue de 1/4 de centimètre cube. Une petite quantité, environ 1/80 de centimètre cube, d'une solution de propionate de testostérone à 40 mg/cm³ dans l'huile d'olive (soit à peu près 500γ de testostérone) a été injectée dans la sous-maxillaire droite de souris femelles normales; l'autre glande n'a pas été injectée; pour servir de témoin, de l'huile d'olive pure a été injectée, en même quantité, dans la sous-maxillaire droite de quelques femelles. Les animaux sont sacrifiés 5 à 7 jours après l'injection, et les sous-maxillaires examinées histologiquement.

Résultats obtenus. — L'examen microscopique des sous-maxillaires, contenant la gouttelette de solution huileuse de testostérone, montre, avec une grande netteté, une hypertrophie des tubules sur toute la périphérie du lieu d'injection; les tubules sont gonflés, leur épithélium est formé de hautes cellules, et leur diamètre est beaucoup plus élevé que celui des tubules éloignés du lieu d'injection. La testostérone a donc exercé une forte action stimulante locale sur les tubules qui sont à son contact. Par contre l'examen de la glande non injectée révèle l'absence de toute stimulation, les tubules ont conservé leur diamètre normal.

Nous avons observé ce résultat très frappant sur cinq de nos sept animaux traités. Chez deux autres, les deux sous-maxillaires présentaient un développement un peu plus fort que celui des glandes de femelles normales (dans ce cas, un peu de la solution injectée est peut-être ressortie de la glande droite et a agi sur la gauche). Enfin chez les animaux traités par l'huile d'olive, nous n'avons observé aucune hypertrophie des tubules autour du point d'injection.

Pour mettre en évidence l'action stimulante locale de la testostérone, nous avons mesuré le diamètre des tubules : d'une part dans la glande injectée, autour du lieu d'injection; d'autre part, dans la glande témoin. Les résultats de ces mensurations, qui confirment l'examen histologique, sont rapportés dans le tableau ci-après :

Substance injectée.	Désignation de l'animal.	Diamètre moyen (en μ) des tubules de la sous-maxillaire — droite à la périphérie de la zone injectée.	gauche non injectée.
Propionate de testostérone....	1116	56,3	39,5
	1092	54,9	39,1
	1096	51,6	38,7
	1104	53,8	41,7
	1105	47,5	35,8
Huile d'olive pure..........	1121	38,7	38,4
	1119	36,7	38,0

Discussion. — Ces expériences montrent donc : 1° que la testostérone exerce une action stimulante locale sur le segment tubuleux de la glande sous-maxillaire de la Souris ; 2° que cette action stimulante est directe, elle ne passe pas par l'intermédiaire de la thyroïde puisque la glande non injectée, du même animal, ne réagit pas à l'injection.

Ce point établi, il reste à savoir s'il est indispensable pour que la testostérone exerce son action stimulante sur la glande sous-maxillaire, que l'hormone thyroïdienne soit présente. Les expériences de Leblond et Grad sur le Rat plaident dans le sens de la nécessité de la coopération des deux hormones. Si tel était le cas, la nécessité de ce double stimulus serait à rapprocher de la nécessité de la présence d'une hormone hypophysaire pour que la mamelle réagisse aux œstrogènes.

ZOOLOGIE. — *Facteurs climatiques et variants sexuels dans le genre* Porcellio (*Crustacés: Isopodes*). Note de M. **Albert Vandel**, présentée par M. Louis Fage.

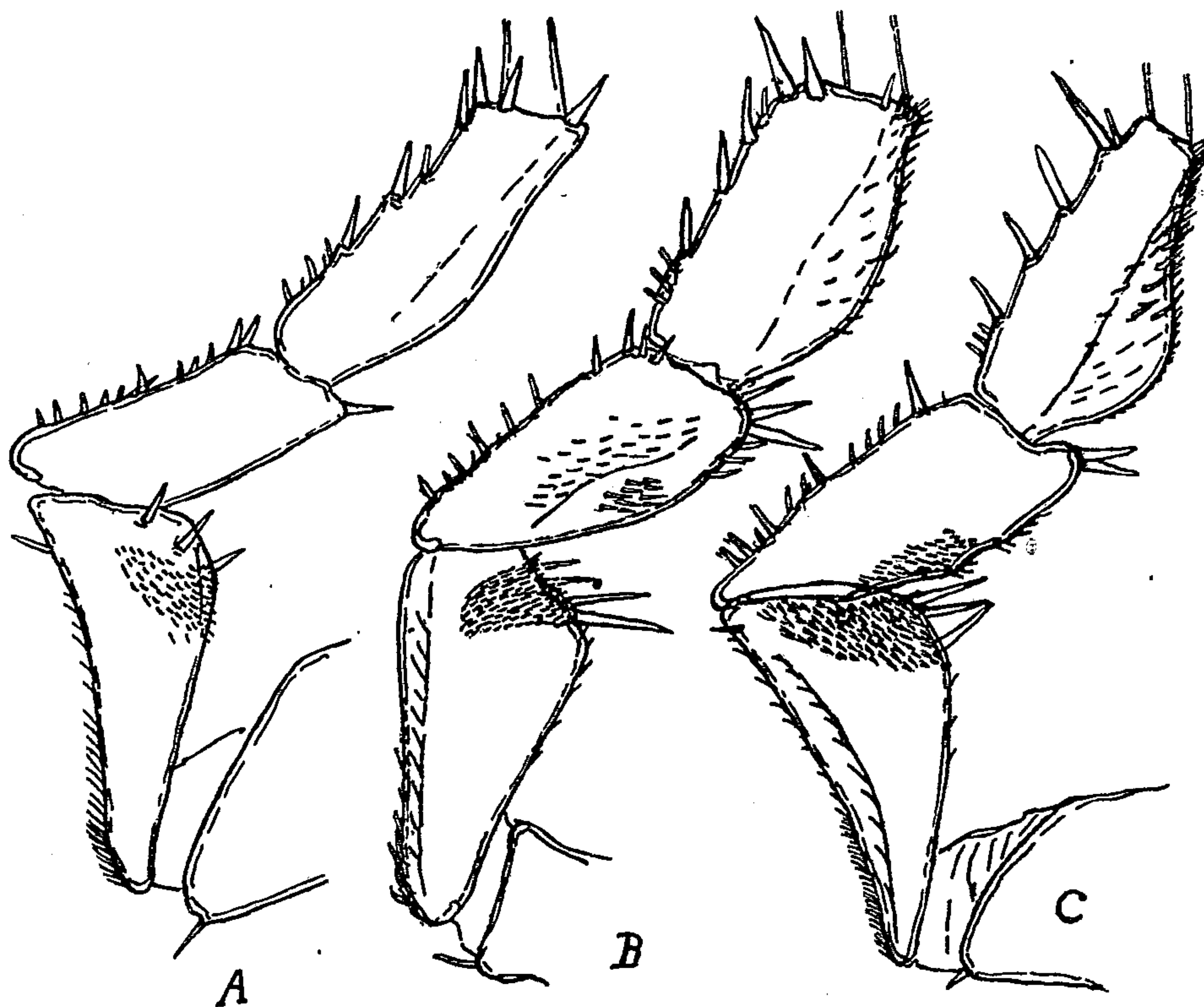
Le développement et la différenciation de certains caractères sexuels secondaires des Crustacés du genre *Porcellio*, tels que la crête carpienne du péréiopode VII mâle, sont sensibles à l'action des facteurs climatiques qui règnent à haute altitude (luminosité?)

Une Note antérieure [1] a établi que la plupart des caractères sexuels secondaires du genre *Porcellio* représentent des organes sujets au phénomène de la croissance dysharmonique ou allométrique (c'est-à-dire dont le taux de croissance est différent de celui du corps). Cependant, la croissance allométrique est impuissante à rendre compte de toutes les variantes présentées par ces organes. Les facteurs climatiques paraissent jouer un rôle important dans le développement et la différenciation de ces organes. Encore que l'expérimen-

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1691-1693.

tation soit seule susceptible d'établir la réalité de cette action, l'observation apporte sur ce point quelques données suggestives.

Les formes d'altitude se distinguent souvent des individus habitant la plaine par des caractères singuliers, en particulier par une coloration plus foncée, parfois entièrement noire. Mais, bien plus intéressantes sont les répercussions que l'altitude exerce sur les caractères sexuels mâles, en particulier sur le septième péréiopode. La crête qui se développe sur le bord tergal du carpos constitue un réactif d'une extrême sensibilité à l'action du facteur sexuel. Or, il ressort de la comparaison des races de plaine et des formes d'altitude que la crête carpienne est d'une façon très constante plus développée chez les secondes que chez les premières.



Péréiopodes VII de *Porcellio monticola*, vus par la face rostrale.
A, *meridionalis* (mâle de 14^mm^); B, *pyrenæus* (mâle de 10^mm^); C, *alticola* (mâle de 9^mm^).

Les formes d'altitude de *P. monticola* Lereb. (*alticola* et *pyrenæus*) possèdent une crête carpienne constamment plus saillante que celle de la forme type (*monticola monticola*) qui habite la plaine. Le contraste est particulièrement frappant lorsque l'on compare les exemplaires de petite taille d'*alticola* (*fig.* C) et de *pyrenæus* (*fig.* B) et les individus géants du Bas-Languedoc que j'ai désignés sous le nom de *forme meridionalis* (*fig.* A). On observe des

conditions analogues dans la race de *P. violaceus* B.-L. qui peuple la sierra de la Sagra (province de Grenade), et la race *alpicola* (des Alpes Maritimes) de *P. orarum* Verh.

Par contre, les espèces ou races du littoral méditerranéen, même si elles atteignent la plus grande taille, ne possèdent qu'une crête carpienne modérément saillante. C'est le cas, par exemple, pour *P. expansus* Dollf., espèce propre à la province de Tarragone qui est l'un des plus grands *Porcellio* connus (le mâle atteint 28^{mm} sans les uropodes, 40^{mm} avec les uropodes).

Ces observations prouvent que le développement de la crête carpienne ne correspond pas à une simple manifestation de croissance allométrique. Il paraît lié aux facteurs climatiques qui règnent en altitude. S'agit-il de la luminosité intense qui caractérise le ciel montagnard, ou des variations thermiques de grande amplitude qui se succèdent au cours de l'année ? C'est ce que l'expérience seule pourra établir. On est cependant tout naturellement tenté de rapprocher ces observations des expériences qui établissent l'action de la lumière sur l'activité génitale des Oiseaux et des Mammifères.

BIOLOGIE. — *Périodicité de la sécrétion visqueuse du sperme par le Cheval et le Baudet.* Note (*) de MM. **Martial Laplaud**, **Robert Bruneel** et Mlle **Hélène Galland**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Depuis le 16 août 1949, nous avons obtenu avec le vagin artificiel un nombre important d'éjaculats de sperme pur de Cheval et de Baudet provenant :

1° de trois étalons réformés du Haras du Pin (Orne) : Myosotis, trotteur français, 510^{kg}, 14 ans; Honfleur, cob normand, 540^{kg}, 20 ans; Obéron, cob normand, 670^{kg}, 13 ans.

2° de deux baudets de race africaine : Utile, 250^{kg}, 6 ans; Socrate, 220^{kg}, 4 ans.

Date de la dernière saillie : Myosotis 29 juin, Honfleur 24 juin, Obéron 1er juillet, Utile 14 juillet. Socrate n'avait jamais sailli, mais avait fourni du sperme électriquement le 26 juillet. Obéron a été abattu le 16 septembre, pour hernie inguinale aiguë.

Les étalons effectuent la monte du 15 février au 15 juillet. Cette période de grande activité génitale est suivie d'une autre de repos sexuel.

Le sperme de Cheval ou de Baudet, récolté au vagin artificiel en dehors de la période de monte, est un liquide *homogène*, opaque laiteux ou crémeux, ou grisâtre clair plus ou moins aqueux, rarement floculant ou exceptionnellement avec une apparence de tapioca. Or, il est établi par W. Lambert et Fred F. Mc Kenzie [1] Ems. J. Perry et Victor Berliner [2] que, pendant le

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *Artificial Insemination*, in Livestock Breeding, 1940, p. 35.

(2) *The artificial insemination of farm animals*, 1947, p. 173.

temps de la monte, le sperme de Cheval ou de Baudet recueilli au vagin artificiel *n'est pas homogène,* mais constitué par trois parties émises successivement, la 1re pauvre, la 2e riche en spermatozoïdes et la 3e peu concentrée et visqueuse, provenant de glandes accessoires. Walton ([3]) réunit la 1re et la 2e portion sous le nom de *sperm serum.* D'après Lambert et Mc Kenzie ([1]), M. C. Chang ([4]), la portion visqueuse n'est pas absolument constante, bien qu'elle représente de 44 à 71 % de l'éjaculat total. *Nous ne l'avons jamais collectée du* 16 *août* 1949 *au* 22 *mars* 1950.

Les chiffres suivants résument nos résultats :

Espèce et nom.	Age.	Nombre des collectes.	Volume en cm³. Amplitude variation.	Volume en cm³. Moy.	Concentration (nombre de spermatozoïdes au mm³). Amplitude variation.	Concentration Moy.	Nombre total de spermatozoïdes (en millions). par éjaculation.	Nombre total Moy.
					Chevaux.			
Honfleur.....	14	19	10 à 43	25	105 000 à 716 500	372 777	2 300 à 18 400	8 800
Myosotis.....	20	19	15 85	47,5	168 000 520 000	268 700	2 540 23 820	13 220
Obéron......	13	3	60 85	72	50 000 80 000	65 000	4 250 4 800	4 525
					Baudets.			
Utile........	6	14	15 à 52	33	85 000 à 865 000	364 633	2 520 à 23 244	11 416
Socrate......	4	8	30 66	45	43 750 127 500	90 030	2 000 8 085	4 071

Nous n'avons pas tenu compte de la première éjaculation de 180cm³ par Obéron le 17 août, pour les raisons exposées plus loin.

Si l'on compare ces chiffres à ceux enregistrés par Lambert et Mc Kenzie, Berliner, Day et Anderson, on constate que le volume des éjaculats est bien plus important au printemps qu'en été et qu'en automne; mais nous ignorons la cause du phénomène qu'on est tenté d'attribuer à la saison. A sa première éjaculation, Obéron a fourni le 17 août 170cm³, ce qui peut correspondre à un éjaculat normal de la période de monte, le lendemain il descend à 60cm³, nombre du même ordre de grandeur que les chiffres des autres étalons et que les siens jusqu'à son abattage. Il faut donc admettre qu'un mois et demi a suffi pour faire disparaître la portion visqueuse provenant des glandes accessoires, des vésicules séminales et glandes de Cowper et *dont la présence a été constatée dans le sperme d'Honfleur depuis le* 23 *mars* 1950, et également dans celui de nouveaux chevaux, mais pas dans celui de Myosotis ni des baudets. Tout se passe comme si la portion visqueuse était uniquement destinée à créer un milieu favorable aux spermatozoïdes au moment de la

([3]) A. Walton, *Notes on artificial insemination of sheep, cattle and horses,* 1938, p. 15.

([4]) M. C. Chang, *Journ. of agr. sc.,* **33**, 1943, p. 67-73.

copulation; son abondance, selon Bonadonna ([5]), coïnciderait avec une activité sexuelle intense.

D'accord avec Anderson, Lambert et Mc Kenzie, nous admettons qu'ordinairement les étalons ne produisent pas de partie visqueuse en automne, que les baudets n'en sécrètent pas beaucoup, sauf les vieux, et nous avons constaté pour la même période que les jeunes n'en émettent pas du tout. Le Cheval et le Baudet semblent donc des Mammifères *partiellement* périodiques. On peut se demander si l'activité des glandes accessoires et celle du testicule sont dissociées. Lorsque la période de monte est terminée, le désir sexuel est maintenu, ainsi que les caractères psychiques permettant l'érection, l'utilisation du vagin artificiel ou la saillie; la spermatogenèse continue, mais la constitution de l'éjaculat est changée pour des raisons qui mettent en jeu le rôle du tissu interstitiel, des hormones et des glandes annexes dont l'activité paraît cyclique ou saisonnière.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les substances réductrices d'origine pectique au cours de la digestion chez les Ruminants.* Note de Mlle **Andrée Michaux**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré ([1]) que, chez les Ruminants, des quantités importantes de matières pectiques disparaissent au cours de la digestion; les pourcentages calculés en fonction des poids ingérés atteignent en moyenne 75,8; 74,5 et 60,5; 94,1; 91,4 et 57,1 lorsque les rations données à des brebis se composent respectivement de foins, de marc de pommes, de pulpes de betteraves ou de paille. L'affinité marquée de l'organisme pour ces corps nous a incitée à rechercher si, pendant la traversée des voies digestives, la fraction excrétée est modifiée au point de vue de sa teneur en substances réductrices, ce terme désignant l'ensemble des corps qui réagissent sur la liqueur de Fehling. Bien que, depuis les travaux de Schneider, le galactose et l'arabinose ne soient plus considérés comme les constituants essentiels de la pectine, ces sucres présentent un certain intérêt comme substances énergétiques et substances de réserve; de plus, l'acide galacturonique favoriserait la fonction désintoxiquante du foie ([2]).

En 1912, Schneider ([3]) ayant fait agir un mélange de bactéries intestinales provenant de matières fécales sur les hémicelluloses du marc de pommes, trouva que 66,4 % des radicaux réagissant comme des sucres avaient été

([5]) *Nozioni di tecnica della fecondazione artificiale degli animali*, 1, p. 222.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1034.
([2]) Werch and Ivy, *Am. J. Diseases Children*, 62, 1941, p. 499.
([3]) *Am. J. Physiol.*, 30, 1912, p. 258.

détruits. L'action des bactéries au cours de la digestion de la pectine était ainsi démontrée et fut confirmée plus tard par les travaux de Kertesz ([4]) et de Werch ([5]).

Au cours d'expériences faites sur des brebis, les corps pectiques extraits des matières alimentaires et fécales selon le procédé indiqué précédemment ([1]) ont été hydrolysés. Après neutralisation et défécation des solutions obtenues, les teneurs en substances réductrices ont été déterminées par la méthode de G. Bertrand, légèrement modifiée.

En consommant de préférence certains éléments de la ration, les animaux ont fait varier les teneurs en substances réductrices d'origine pectique des aliments. Sauf dans le cas d'un agneau qui a reçu du foin, du saccharose et une préparation de poudre de lait, ce choix a toujours appauvri l'aliment refusé.

Les teneurs exprimées en galactose s'abaissent respectivement de 2,2 et 2,0 % pour deux foins; de 5,0 % pour le marc de pommes; de 6,1 % pour les pulpes de betteraves; de 15,6 % pour la paille. La teneur s'élève de 5,4 % dans le foin laissé par l'agneau. Ces divergences s'accentuent pendant la digestion. Les diminutions observées dans les matières fécales atteignent 15,0 et 12,9 %; 20,0 %; 26,7 % et 18,6 % chez les brebis qui ont reçu exclusivement les deux foins, le marc, les pulpes ou la paille. La diminution, 0,8 % est pratiquement nulle chez l'agneau. La proportion moyenne qui a disparu oscille entre 83,3 et 97,9 % chez les brebis et s'abaisse à 57,7 % chez l'agneau.

Les données recueillies, confirmant les résultats précédemment obtenus ([1]), font ressortir l'importance, au point de vue alimentaire, des matières pectiques et particulièrement des corps réducteurs qu'elles renferment. Au cours de la digestion, l'organisme fait disparaître, dans la plupart des cas étudiés, non seulement des quantités considérables de matières pectiques totales, mais aussi une partie notable des substances réductrices que contient la petite fraction non retenue.

La réaction spéciale observée chez l'Agneau pendant la digestion peut être attribuée soit à un développement incomplet de sa flore intestinale, soit, plus vraisemblablement, à la richesse de la ration en sucres, le foin ayant été complété quotidiennement par 100^g de poudre de lait et 50^g de saccharose environ. C'est probablement pour remédier à cet excès que l'animal a évité de consommer les éléments les plus sucrés du foin et que, d'autre part, l'organisme a fait disparaître un pourcentage de corps réducteurs, 57,7, inférieur à celui des matières pectiques, 60,5, résultat inverse de ceux qui ont été trouvés chez les brebis.

([4]) *J. Nutrition*, **20**, 1940, p. 289.

([5]) *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, **46**, 1941, p. 569.

	Foin.	Foin.	Marc de pommes.	Pulpes de betteraves.	Paille.	Foin donné à l'agneau.
Poids des substances réductrices pour 100g de corps pectiques.						
Ration...	22,12 g	23,21 g	34,12 g	37,83 g	40,00 g	18,64 g
Refus....	19,88	21,24	29,15	31,74	24,44	24,06
Fèces....	9,69	13,50	16,14	9,04	22,19	17,79
	6,84	9,12	12,12	13,19	20,67	–
	4,93	8,22	–	–	–	–
Pourcentages de ces substances disparues dans l'organisme.						
	90,6	82,9	97,6	98,2	78,1	57,7
	92,1	88,7	98,2	97,5	88,5	–
	95,7	94,1	–	–	–	–

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la polydispersité de solutions d'ovalbumine.* Note (*) de Mlle **Madeleine Champagne** et M. **Gaston Scheibling**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Nous avons effectué des mesures du coefficient de diffusion de translation Δ, de l'ovalbumine isoélectrique en solution dans l'eau distillée par une méthode [1] qui permet de reconnaître si la solution est ou non, monodisperse.

Nous avons employé :

a. Trois solutions au point isoélectrique pH 4,7, provenant d'une ovalbumine cristallisée préparée suivant la méthode de Sörensen-Höyrup [2];

b. Deux solutions dans l'eau distillée à pH 4,42, provenant d'une préparation n° 2 effectuée suivant la même méthode.

Nous avons constaté que ces solutions se comportaient comme si elles contenaient au moins deux espèces moléculaires différentes que nous désignerons par A_1 et A_2. [Un fait analogue avait déjà été observé pendant l'électrophorèse [3], [4].]

Le tableau ci-après donne les valeurs de Δ, de deux espèces, ainsi que le rapport de leurs concentrations C_2/C_1, qui apparaît comme étant sensiblement constant pour toutes les solutions.

(*) Séance du 31 mai 1950.

(1) G. Scheibling, *J. de Phys.*, **11**, n° 2 (févr. 1950) p. 5 S.

(2) *C. R. des Trav. du Lab. de Carlsberg*, **12**, 1915-17, p. 12.

(3) K. Linderström-Lang-Ottesen, *C. R. des Trav. du Lab, de Carlsberg*, série chim., **26**, n° 16-17, 1949, p. 603.

(4) M. Cohn, L. R. Wetter et H. F. Deutsch, *J. of Immunology*, **61**, 1949, p. 283.

	Préparation n° 1 pH 4,7 (pi).			Préparation n° 2 pH 4,42.	
Age des solutions (en jours)	7.	27.	51.	3.	4.
Concentration moyenne (g %)	0,6	0,7	0,7	0,6	1,7
$\Delta_1 . 10^7$	8,53	7,86	8,16	9,48	9,72
$\Delta_2 . 10^7$	5,33	4,92	5,18	6,10	5,98
$\frac{C_2}{C_1}$	0,22	0,23	0,19	0,24	0,28

Nota. — Toutes les mesures sont faites à 20°.

Les trois solutions de la préparation n° 1 présentaient de légères différences de pH.

Les fortes valeurs des coefficients de diffusion de la préparation n° 2 sont dues sans doute au fait que l'on se trouve en dessous du point isoélectrique. Elles n'ont pas été utilisées dans le calcul.

Nous avons également mesuré la viscosité intrinsèque de ces solutions, à 20°, par la méthode d'écoulement capillaire.

La moyenne de six mesures nous a donné :

$$[\eta] = 4,28 \pm 0,02 \text{ (concentration en g/cm}^3\text{)}.$$

Si les solutions contenaient une seule espèce moléculaire, il serait possible de tirer des valeurs de Δ et $[\eta]$ les dimensions de l'ellipsoïde qui sera supposé représenter la molécule d'ovalbumine, ainsi que cela a été fait plusieurs fois ([5]), ([6]), ([7]), ([8]).

Les mesures de diffusion montrant que les solutions sont polydisperses, il s'ensuit que la méthode est inapplicable et que les résultats obtenus jusqu'ici n'ont pas de signification précise.

L'analyse de nos résultats expérimentaux est impossible sans hypothèse supplémentaire. On peut montrer cependant qu'ils sont compatibles avec l'hypothèse très simple que l'espèce A_2 est constituée par l'accolement bout à bout et non côte à côte de deux molécules A_1, en forme d'ellipsoïdes allongés.

Dans ce cas, à partir des valeurs moyennes de la préparation n° 1, et en admettant pour le volume spécifique de la protéine, la valeur généralement admise 0,749 ([9]), il faut que les dimensions de l'ellipsoïde A_1 soient 110 Å pour sa longueur et 28 Å pour son diamètre, ce qui lui confère une masse moléculaire de 36 000.

On peut montrer qu'il est impossible de trouver avec des ellipsoïdes aplatis des dimensions élémentaires compatibles avec l'ensemble des résultats numériques fournis par l'expérience.

([5]) A. Polson, *Nature*, 1, 1936, p. 740.

([6]) A. Polson, *Koll. Zs.*, 88, 1939, p. 51.

([7]) Mehl, Oncley et Simha, *Science*, 92, n° 2380, 1940, p. 132.

([8]) J. M. Burgers, *Proceedings*, 43, 1940, p. 3-4-5.

([9]) A. Polson, *Koll. Zs.*, 87, 1939, p. 149.

De plus, la valeur trouvée pour le diamètre de l'ellipsoïde est en accord avec les mesures aux rayons X de Riley et Herbert ([10]), faites sur des solutions concentrées d'ovalbumine.

MICROBIOLOGIE. — *Des quantités et de la valeur infectante du virus aphteux obtenu par la méthode des complexes vaccino-aphteux.* Note (*) de M. **Claude Belin**, transmise par M. Gaston Ramon.

Les complexes vaccino-aphteux découverts par Marcel Belin en 1925 ([1]) et leur utilisation pour la préparation du vaccin anti-aphteux qui porte le nom de cet auteur ont fait l'objet depuis cette époque de nombreuses publications.

Il nous a cependant paru nécessaire de préciser certaines de leurs caractéristiques actuelles.

Ces complexes représentent un matériel antigène très abondant. A titre d'exemple, les poids des récoltes recueillies sur les 14 dernières génisses productrices sont les suivants : 925, 1015, 835, 815, 770, 680, 850, 710, 700, 580, 600, 710, 575 et 1050^g.

Moyenne : 775^g.

La valeur infectante du virus contenu dans ces complexes a été recherchée par inoculation à un certain nombre de lots de bovins, de dilutions renfermant de 1/200 000 à 1/10 000 000 de gramme de complexe (inoculations intralinguales sous anesthésie générale).

Les résultats obtenus peuvent être résumés par l'exemple suivant :

Trois vaches de race normande âgées de 3 ans environ et présumées vierges de toute atteinte aphteuse sont mises en observation pendant 8 jours, les températures étant prises matin, midi et soir et étant reconnues normales.

Elles reçoivent dans les conditions ci-dessus énoncées respectivement 1/200000 (vache n° 1), 1/500000 (vache n° 2) et 1/1000000 (vache n° 3) de gramme du complexe n° 565 (virus o).

A la 48e heure, les animaux sont couchés, essoufflés, ne mangent plus et bavent, succion caractéristique. Les pieds sont sensibles. Températures : 40°4, 40°1 et 40°1.

Le 6e jour, l'aspect clinique est le même. Les animaux sont très amaigris. Les oscillations thermiques diminuent d'amplitude, les températures s'effondrent (36°,6-37°,5-36°,2). Les animaux sont abattus. Les lésions constatées sont les suivantes :

([10]) *Biochimica et Biophysica Acta*, 4, 1950, p. 374.

(*) Séance du 31 mai 1950.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 92, 1925, p. 1344.

Vache n° 1. — La muqueuse de toute la moitié antérieure de la langue a disparu. Nombreux aphtes rupturés et non rupturés sur les gencives, le palais, la base de la langue et la protubérance. Les espaces interdigités des quatre onglons présentent d'énormes aphtes rupturés couvrant toute leur surface.

Vache n° 2. — Aphte énorme rupturé de la pointe de la langue; un gros aphte rupturé très en arrière de la langue à la hauteur de la protubérance. Généralisation à un onglon (aphte rupturé).

Vache n° 3. — Aphtes rupturés et non rupturés à la pointe de la langue, aux gencives, à la base et sur la protubérance. Généralisation aux quatre onglons (aphtes rupturés).

De l'exemple de contrôle ci-dessus exposé et de ceux que nous avons effectués par ailleurs, on peut déduire que les complexes vaccino-aphteux renferment en moyenne au moins un million de doses infectantes par gramme. Ils répondent sur ce point aux normes fixées par la conférence internationale de Berne pour l'obtention d'un vaccin antiaphteux efficace, et pour la normalisation des vaccins antiaphteux.

Les quantités importantes de ce matériel antigène que l'on obtient couramment sur un seul bovin en font une source de virus aphteux exceptionnellement riche.

MICROBIOLOGIE. — *Effet anti-collagénasique des sérums humains.* Note de M. **Albert Delaunay**, Mlle **Matlis Guillaumie**, MM. **Ali Boujnah** et **Guy Basset**, présentée par M. Gaston Ramon.

Des travaux récents [1] ont permis de découvrir dans des sérums normaux (humains ou animaux) des principes capables de supprimer ou, du moins, d'atténuer l'action des hyaluronidases. De tels inhibiteurs peuvent-ils être aussi mis en évidence dans le cas des collagénases ? Nous avons essayé de répondre à cette question par les expériences suivantes.

Nous nous sommes servi : 1° des *collagénases* présentes dans des bouillons toxiques obtenus après cultures de *Cl. perfringens* et de *Cl. histolyticum, et* 2° de *sérums humains* prélevés chez des sujets sains ou malades. Plus de 150 sérums ont été étudiés. Ils ont été utilisés à l'état frais et après chauffage (15 minutes, 30 minutes ou 1 heure) à 56°. A des quantités variables (1^{cm^3}, $0^{cm^3},5$ $0^{cm^3},3$, $0^{cm^3},1$) de chaque sérum frais ou chauffé, nous avons ajouté des quantités de toxines *perfringens* ou *histolytique* qui renfermaient de deux à cinq doses minima collagénasiques. Les mélanges sérums-toxines, ajustés à pH 6,5 par un tampon phéniqué, ont été soigneusement agités puis, dans chaque préparation, nous avons déposé une pastille de collagène purifié [2]. L'ensemble a été mis à l'étuve à 39° et pendant 4 jours nous avons, en observant l'état de la pastille, noté l'importance de la lyse collagé-

(1) *Presse Médicale*, 2, 1950, p. 20.

(2) *Annales Institut Pasteur*, 76, 1949, p. 16; 77, 1949, p. 220 et 603; 78, 1950, p. 190 et 201.

nasique. Les tubes qui nous servaient de témoins (sans sérums) renfermaient seulement, en dehors de la pastille de collagène, la dose de toxine spécialement étudiée dans le titrage en cours et tamponnée à pH 6,5.

RÉSULTATS. — A. *Sérums frais.* — Les sérums humains normaux se montrent capables, *dans les trois quarts des cas environ*, de supprimer totalement ou, du moins, d'atténuer le pouvoir collagénasique de la toxine *perfringens*. Mais cet effet ne peut être obtenu qu'en présence de quantités considérables de sérum (1^{cm^3}, $0^{cm^3},5$) et de doses relativement faibles de collagénase (maximum : cinq doses minima collagénasiques). L'effet devient pratiquement nul lorsqu'on se sert de faibles volumes de sérum ($0^{cm^3},2$, $0^{cm^3},1$) ou de doses élevées de toxine.

Le pouvoir anti-collagénasique des sérums humains normaux se montre proportionnellement encore plus faible à l'égard de la collagénase *histolytique*. Ici, nous n'avons observé une action inhibitrice totale que *dans quelques cas*; encore opérions-nous avec de fortes quantités de sérum (au minimum $0^{cm^3},5$) et des doses très faibles de toxine (au maximum deux doses minima collagénasiques). Beaucoup plus souvent, l'action anti-collagénasique des sérums a été nulle ou transitoire.

Quelques sérums humains qui, d'après nos constatations, renfermaient une quantité relativement élevée d'anti-collagénase, ont pu, sous le volume de $0^{cm^3},5$, protéger une souris sur deux contre deux doses mortelles de toxine *histolytique*. Mais ce phénomène paraît être exceptionnel.

B. *Sérums chauffés.* — Pour savoir si le pouvoir anti-collagénasique que manifestent parfois les sérums humains vis-à-vis des toxines *perfringens* ou *histolytique* tient à la présence d'anticorps naturels ou de simples inhibiteurs, nous avons recommencé les expériences précédentes en utilisant cette fois, non plus des sérums frais, mais des sérums chauffés à 56°. Les recherches sur les anti-hyaluronidases ont en effet indiqué que les simples inhibiteurs sont particulièrement thermolabiles.

Nous avons alors enregistré les résultats suivants. Le chauffage à 56° (pendant 30 minutes ou 1 heure) a parfois respecté, parfois supprimé complètement le pouvoir anti-collagénasique des sérums humains à l'égard de la toxine *perfringens*. *Le plus souvent*, ce que nous avons observé, c'est une simple diminution de ce pouvoir. En revanche, ce n'est que dans quelques cas, *très rares*, que le chauffage a respecté ou simplement atténué l'effet anti-collagénasique des sérums vis-à-vis de la collagénase *histolytique*. En règle générale, cet effet a été supprimé totalement.

Dans ces conditions, nous estimons qu'en ce qui concerne la toxine *histolytique*, l'anti-collagénase sérique n'a le plus souvent que la valeur d'un simple inhibiteur mais que, pour la toxine *perfringens*, l'anti-collagénase doit être formée par un mélange d'inhibiteurs et d'anticorps naturels.

C. *Sérums provenant de sujets malades.* — Les expériences rapportées

ci-dessus indiquent que, *chez l'homme normal,* le titre des anti-collagénases varie quelque peu d'un sérum à l'autre, mais qu'il varie toujours dans des limites assez étroites. Il nous a paru intéressant de savoir si l'on pouvait observer des variations plus importantes chez des sujets souffrant d'une *maladie du collagène.*

Nous avons donc examiné un certain nombre de sérums provenant de malades atteints de polyarthrite chronique évolutive, de dermatomyosite, de myelome, etc., mais ce fut sans résultats appréciables. Que les malades aient reçu, ou non, de l'ACTH ou du cortisone, le titre du sérum en anti-collagénases ne fut jamais très élevé.

En résumé : a. On peut trouver dans des sérums humains normaux des anti-collagénases capables de neutraliser les collagénases *perfringens* ou *histolytique,* mais cet effet est en général peu marqué (même chez les sujets atteints d'une *maladie du collagène*); *b.* les anti-collagénases sériques paraissent être constituées, tantôt par de simples inhibiteurs, tantôt par des anticorps naturels.

A 16^{h}25^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h 15^m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 20 février 1950.)

Note présentée le même jour, de MM. *Michel Polonovski* et *Henri Schmitt,* Préparation des thiopyrimidines par les sels d'isothiouronium :

Page 756, 6e ligne, *au lieu de* dichlorhydrate, *lire* tétrachlorhydrate.

(*Comptes rendus* du 3 mai 1950.)

Note présentée le même jour, de MM. *Yves Coic, Marcel Coppenet* et Mlle *Simone Voix,* Action de l'azote sur l'absorption du manganèse par l'Avoine :

Page 1610, 2e ligne du titre, *au lieu de* Mme Suzanne Voix, *lire* Mlle Simone Voix.

(*Comptes rendus* du 3 mai 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Alfred Kastler*, Théorie classique des bandes d'absorption de vibration et de rotation des molécules homopolaires dans un fluide soumis à un champ électrique. Résonance de l'effet Kerr dans les domaines infrarouge et ultrahertzien :

Page 1596, 1re ligne, en remontant, *au lieu de* OXHOLMA, *lire* OXHOLM.

» 1597, 2e ligne, *au lieu de* $\frac{\nu}{hc}$, *lire* $\frac{N\nu}{hc}$.

» » 1re ligne, en remontant, *au lieu de* BHAZAVANTAM, *lire* BHAGAVANTAM.

(*Comptes rendus* du 8 mai 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *King-Lai Hiong*, Sur une extension du second théorème fondamental de R. Nevanlinna :

Page 1636, 10e ligne, *après* étant, *ajouter* non identiquement nulle et.

» » 29e ligne, *supprimer* qui est distincte de $\varphi'(x)$ et.

» » 31e ligne, *supprimer* autres.

(*Comptes rendus* du 15 mai 1950.)

Bulletin bibliographique : Ouvrages reçus pendant les séances du mois d'avril 1950 :

L'ensemble des 11 dernières lignes de la page 1806 et les 28 premières lignes de la page 1807 est à reporter à la suite de la dernière ligne de la page 1808.

Note présentée le même jour, de M. *Pierre Barrucand*, Sur les suites réciproques :

Page 1727, 9e ligne, *au lieu de* René Barrucand, *lire* Pierre Barrucand.

» » 18e ligne, *au lieu de* $\lim_{N\to} \sum_0^N$, *lire* $\lim_{N\to\infty} \sum_0^N f(n)$.

» » 19e ligne, *après* formule, *ajouter* sommatoire.

» 1728, 8e ligne, *au lieu de* $(x)^n$, *lire* $(-x^n)$.

» » 9e ligne, *au lieu de* représente une extension, *lire* réalise l'extension.

» » 13e ligne, *remplacer la formule par la suivante :*

$$\varphi_1(n) = \int_0^\infty e^{-x} L_n(x)\,\Phi_1(x)\,dx, \qquad \varphi_2(n) = \int_0^\infty e^{-x} L_n(x)\,\Phi_2(x)\,dx.$$

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1950.

Les idées nouvelles sur l'origine des chaînes de montagnes, par LÉON MORET. Extrait de la *Revue de géographie alpine*. T. XXXVIII. Fasc. II et des *Travaux du Laboratoire de géologie*. T. XXVIII, 1950. Grenoble, Imprimerie Allier, 1950; 1 vol. 25cm.

Gouvernement général de l'Afrique occidentale française. *Première conférence internationale des africanistes de l'Ouest. Comptes rendus.* T. I. Dakar, Institut français d'Afrique noire, 1950; 1 vol. 28cm,5.

Acta scientiarum mathematicarum. Tomus XII, par LEOPOLDO FEJÉR et FREDERICO RIESZ. Pars B. Szeged, 1950; 1 vol. 26cm.

Pour un plan national d'aménagement du territoire. Communication du MINISTRE DE LA RECONSTRUCTION ET DE L'URBANISME au Conseil des Ministres. Paris, 1950; 1 facs. 23cm,5.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization *International technical Conference on the Protection of nature*, Lake-Success, 22-29-VIII août 1949. Edited by the Secretariat of the INTERNATIONAL UNION FOR THE PROTECTION OF NATURE. Paris, Bruxelles, 1950; 1 vol. 22cm,5.

Gouvernement général de Madagascar et dépendances. Cartes géologiques de reconnaissance au 1/200000. *Notices explicatives sur les feuilles Tsaramandroso* NO. 40-41 (408), par HENRI BESAIRIE et ANDRÉ LENOBLE; *Bekodoka* HI. 42-43 (425), par RAOUL KOENIG et FRANÇOIS TORTOCHAUX; *Ampanihy* Fg. 60-61 (604); *Bekily* HI. 60-61 (605); *Tsivory* JK. 60-61 (606); *Esira* LM. 60-61 (607); *Manantenina* Fg. 62-63; *Ampotaka* Fg. 62-63 (624); *Tsihombe* HI 62-63 (625); *Ambovombe* JK. 62-63 (626); *Behara, Fort-Dauphin* LM. 62-63 (627) NO. 62-63 (628), par HENRI BESAIRIE. Paris, Imprimerie nationale, 1948; 11 fasc. 23cm.

Confédération française pour l'habitation et l'urbanisme. *XIe Congrès national d'habitation et d'urbanisme.* Toulouse 17-22 juin 1950; 1 feuille 27cm.

Société française de photographie et de cinématographie : *XXXVIIIe Salon international d'art photographique de Paris du 14 octobre au 2 novembre* 1950; 1 feuille 27cm.

Université de Toulouse : *Problèmes de statique graphique et de résistance des matériaux à l'usage des élèves de l'École nationale supérieure d'électrotechnique et d'hydraulique et des candidats au certificat de mécanique appliquée*, par LOUIS ROY. Deuxième édition revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 23cm.

Histoire de la mécanique, par RENÉ DUGAS. Paris, Dunod et Neuchatel, Éditions du Griffon, 1950; 1 vol. 23cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JUIN 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

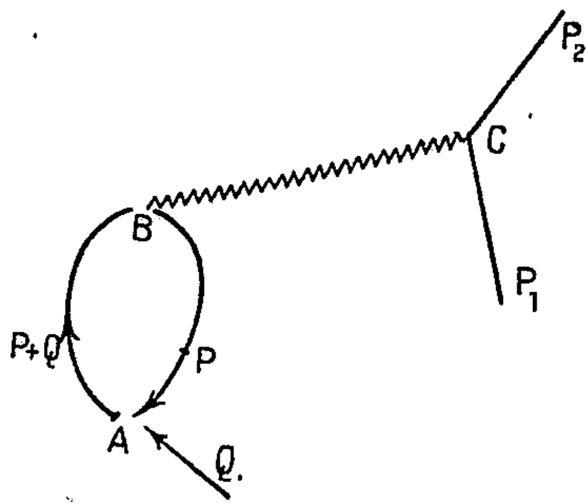
MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la convergence des intégrales dans le problème de la polarisation du vide.* Note (*) de M. **LOUIS DE BROGLIE.**

La théorie récemment développée par l'auteur pour rendre finie l'énergie propre des particules électrisées introduit un *facteur de convergence* dans les intégrales qui expriment l'interaction entre matière et rayonnement. La présente Note a pour but de montrer que l'introduction de ce facteur rend également convergentes les intégrales qui se présentent dans le problème de la polarisation du vide.

Nous traiterons la polarisation du vide en adoptant le point de vue exposé par M. R. P. Feynman dans un Mémoire récent ([1]). Il considère la boucle (loop) suivante qui représente *dans l'espace-temps* la création d'une paire virtuelle d'électrons suivie de son annihilation.



En A un photon d'impulsion d'univers *donnée* Q (de composantes $\vec{q}$ et $q_4 = |\vec{q}|$) produit une paire virtuelle d'électrons dont les impulsions sont P (de composantes $\vec{p}$ et p_4) et P + Q. Suivant les idées de M. Feynman, l'impul-

(*) Séance du 5 juin 1950.

([1]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 779.

sion P du positon est dirigée vers le passé tandis que l'impulsion $P + Q$ du négaton est dirigée vers l'avenir. En B, il y a annihilation de la paire avec émission d'un photon d'impulsion d'univers Q qui est ensuite absorbé en C par un électron dont l'impulsion d'univers passe alors de la valeur P_1 à la valeur P_2. M. Feynman montre que l'élément de matrice pour ce processus global est proportionnel à l'intégrale

$$(1) \qquad \int \mathrm{Trace}\left[\left(\gamma_\rho(p_\rho + q_\rho) - mc\right)^{-1}\gamma_\nu(\gamma_\sigma p_\sigma - mc)^{-1}\gamma_\mu\right] d^4P.Q^{-2}C(Q^2)\,a_\nu$$

Comme d^4P est proportionnel à $\left|\vec{p}\right|^2 d\left|\vec{p}\right|$, l'intégrale de (1) diverge et c'est là, présentée avec le formalisme de R. P. Feynman, la difficulté fondamentale du problème de la polarisation du vide.

Dans la formule (1), le facteur $C(Q^2)$ est le *facteur de convergence de Feynman* qui est attaché à la propagation du photon ([2]), mais ce facteur de convergence est ici impuissant à faire converger l'intégrale, car il ne dépend pas de P. Or, nous avons récemment développé une théorie ([3]) qui introduit un facteur de convergence différent de celui de M. Feynman et qui, selon nous, doit remplacer celui-ci. Notre facteur est attaché non pas à la propagation du photon, mais à l'interaction électron-rayonnement. Tandis que M. Feynman ne peut introduire dans la formule (1) qu'un seul facteur de convergence parce que, dans le processus envisagé, il y a un seul trajet de photon (de B en C), nous devons avec notre point de vue introduire trois facteurs de convergence, car il y a trois interactions électron-rayonnement en A, en B et en C. Le facteur qui s'introduit en C ne peut pas contribuer à faire converger l'intégrale parce qu'il ne contient pas P, mais il n'en est pas de même des facteure qui s'introduisent en A et en B.

Notre facteur de convergence a pour expression

$$(2) \qquad C\left(\left|\vec{q}\right|, \left|\vec{p}\right|\right) = \frac{k_0^2}{k_0^2 + q^2 - K^2},$$

où k_0 est invariant et où K est, au facteur $2\pi/hc$ près, la variation de l'énergie $E_2 - E_1$ de l'électron lors de la transition. Pour les processus A et B de création et d'annihilation de paire, on trouve

$$(3) \qquad K = \pm \frac{2\pi}{h}\left[\sqrt{m^2c^2 + \left|\vec{p} + \vec{q}\right|^2} + \sqrt{m^2c^2 + \left|\vec{p}\right|^2}\right],$$

avec le signe + en A et le signe — en B. Le fait fondamental, c'est la présence dans le crochet du signe +. Si l'on avait affaire à des transitions ordinaires (c'est-à-dire passages d'un électron d'un état d'énergie positive à un autre état d'énergie positive), on obtiendrait le signe —, mais ici on a affaire à

([2]) *Loc. cit.*, p. 776.

([3]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 401.

une création ou à une annihilation de paire, donc d'après M. Feynman, il y a rebroussement de la ligne d'Univers de l'électron dans le temps avec passage d'un état négative à un état d'énergie positive ou inversement : ainsi se justifie le signe $+$.

La formule (3) montre que, pour Q donné et $|\vec{p}|$ tendant vers l'infini, K varie comme $|\vec{p}|$ et par suite, d'après (2), C varie comme $|\vec{p}|^{-2}$. Nous avons donc à introduire dans l'intégrale (1), à la place de $C(Q^2)$ deux facteurs du type (2) le produit varie comme $|\vec{p}|^{-4}$ pour $|\vec{p}|$ tendant vers l'infini, ce qui assure la convergence de l'intégrale (1).

A ce raisonnement, on pourrait objecter que, pour introduire ces deux facteurs de convergence dans l'intégrale (1) d'une manière qui soit conforme au formalisme relativiste de Feynman, il faudrait les écrire sous la forme $k_0^2\left[k_0^2+|\vec{q}|^2-q_4^2\right]^{-1}$ et qu'alors comme $|\vec{q}|=q_4$, ils seraient égaux à 1 et ne sauraient faire converger l'intégrale. Mais il faut se rappeler :

1° que la conservation de la quantité de mouvement admise *a priori* par M. Feynman résulte toujours en Mécanique ondulatoire d'une intégration;

2° que M. Feynman retrouve la relation classique entre l'énergie et la quantité de mouvement d'un électron en effectuant sur les variables d'indice 4 une intégration dans le plan complexe avec application du théorème des résidus.

Ces remarques nous suggèrent, pour introduire nos facteurs de convergence sous une forme relativistiquement correcte, d'écrire l'intégrale de la formule (1) de la façon suivante

$$(4)\qquad \iint \text{Trace}\left[(\gamma_\rho(p_\rho+k_\rho)-mc)^{-1}\gamma_\nu(\gamma_\sigma p_\sigma-mc)^{-1}\gamma_\mu\right]\frac{1}{k_4^2-k^2}\left(\frac{k_0^2}{k_0^2+k^2-k_4^2}\right)d^4k\,d^4P$$

Quand on a formé l'élément de matrice par intégration en x, y, z, l'intégration sur $dk_1\,dk_2\,dk_3$ donne $k_i=q_i$ pour $i=1, 2, 3$, c'est-à-dire la conservation de la quantité de mouvement et il reste

$$(5)\qquad \iint f(|\vec{p}|, |\vec{q}|, k_4)\left(\frac{k_0^2}{k_0^2+q^2-k_4^2}\right)^2 dk_4\,d^4P.$$

Suivant le procédé de M. Feynman, on doit faire l'intégration sur la variable complexe k_4 autour du pôle $k_4=(E_2/c)-p_4=\sqrt{m^2c^2+|\vec{p}+\vec{q}|^2}-p_4$ où E_2 est l'énergie du négaton virtuel, puis l'intégration sur la variable complexe p_4 autour du pôle $p_4=-(E_1/c)=-\sqrt{m^2c^2+|p^2|^2}$, où E_1 est l'énergie (négative) du positon virtuel. Après ces deux intégrations, on obtient une expression de la forme

$$(6)\qquad \int_0^\infty F(|\vec{p}|, |\vec{q}|)\left(\frac{k_0^2}{k_0^2+q^2-K^2}\right)^2|\vec{p}|^2\,d|\vec{p}|.$$

Les facteurs de convergence ont maintenant bien pris la forme (3) et la présence du produit de ces facteurs assure la convergence de l'intégrale.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Régénération des sols et de la végétation en Afrique occidentale française.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Les sciences géographiques, biologiques, pédologiques, si on les applique aux pays tropicaux arriérés, ont fait tant de progrès depuis une cinquantaine d'années qu'il est aujourd'hui possible d'établir des paraclimax qui revalorisent progressivement les sols que l'on dit pourtant irréversibles quand ils sont arrivés à une régression extrême. Il est nécessaire, pour l'Afrique occidentale que nous mettions au point des techniques agro-sylvo-pastorales nouvelles basées sur la recherche scientifique pour arrêter le déclin de ces pays et mettre un frein aux nouvelles méthodes de défrichements improvisés, tels le défrichement mécanique, la coupe intégrale des arbres et arbustes dans les champ temporaires qui tendent à se substituer aux méthodes indigènes anciennes.

Suivant le Professeur H. Humbert : « C'est la dévastation massive du couvert primitif qui entraîne l'altération des sols, l'érosion, les modifications du régime des eaux et des climats régionaux ou locaux, la destruction progressive de la faune et de la flore (¹) ». Il importe d'établir au plus tôt un nouvel équilibre climatique et biologique, forestier, un climax tendant au rétablissement de la fertilité des sols dont l'agriculture et le pâturage pourront tirer parti afin que l'Homme de ces contrées ne soit plus exposé à des famines. Nous indiquons ci-après quelques mesures urgentes à prendre :

Lutte contre les feux de brousse. — S'efforcer de faire disparaître les feux de brousse. Dans les écoles africaines il faut faire une propagande incessante à ce sujet. Il faut montrer aux Noirs les conséquences qu'ont les incendies d'herbes. Ce sont ces feux qui sont la cause principale de la stérilisation des sols. Si l'on coupe une partie des arbustes au moment des défrichements, il faut réunir les branches et les brûler en tas sur le terrain qui doit être cultivé. Les cendres serviront ainsi d'engrais; si le sol est planifié et si les souches sont en partie conservées pour donner des repousses après les années de culture on aura des terres plus fertiles périodiquement.

Les feux préventifs au début de la saison sèche nous paraissent très nocifs car ils détruisent les graines vivantes jonchant le sol et qui auraient germé l'hivernage suivant. *Oxytenanthera abyssinica*, bambou très utile, autrefois très commun en A. O. F. qui fournissait naguère des peuplements très étendus dans tout le Soudan et même au Sénégal, est en voie de disparition; le bambou mourait périodiquement après avoir répandu ses graines, celles-ci germaient l'année suivante, aujourd'hui les graines étant détruites par le feu

(¹) La protection de la nature dans les pays intertropicaux et subtropicaux : *Contribution à l'étude des Réserves naturelles et des Parcs nationaux* (*Mém. Soc. Biogéogr.*, 1937, p. 159).

errant, le bambou est en voie de disparition au Sénégal, au Soudan, en Haute Côte d'Ivoire.

Aménagement pastoral. — Le pâturage transhumant est une nécessité dans la zone sahélienne. Il faut l'organiser, proscrire l'ébranchement des arbres fourragers ou le réglementer. Beaucoup de régions ne sont pas encore pâturées par suite de l'absence d'eau pour abreuver les troupeaux en saison sèche. La création de nouveaux puits est toujours désirable, mais dans les régions où les puits doivent descendre à 150 ou 200^{m} de profondeur une telle opération ne serait pas rentable. Mieux vaudrait sans doute, là où il y a des pierres et des pentes, créer de grandes citernes ou s'efforcer de conserver l'eau dans des mares protégées contre la dessiccation et l'infiltration. Il est essentiel aussi de faire une étude approfondie de l'écologie des plantes fourragères : Graminées, Légumineuses et Convolvulacées lactogènes et rechercher l'amélioration des pâturages naturels. Tout le long du Niger les prairies aquatiques constituent une ressource précieuse pour l'élevage. Le tapis végétal des pâturages terrestres dépend du sol. Il est déterminé par la nature des terres, la topographie, le degré d'humidité du substratum pendant la saison des pluies, donc par l'hydrologie qui reste à étudier. Toutes ces questions demandent des recherches approfondies et de ces études peuvent résulter des méthodes de mise en valeur des pâturages.

Lutte contre l'érosion et l'ensablement. — Sur les terrains en pente où existe encore de la terre végétale fertile, il serait utile d'établir des murettes perpendiculaires à la pente. S'abstenir de déboiser et combattre particulièrement les feux de brousse sur ces régions montagneuses. Quand ces terrains n'ont pas de valeur agricole, les mettre en réserve forestière.

Pour lutter contre l'ensablement provoqué par le vent d'Est, établir un grand nombre de rideaux d'arbres, le long des cours d'eau, en travers des pentes, au bord des mares et des champs.

Mesures scientifiques et sociales. — Depuis l'arrivée des Européens en Afrique tropicale on observe une décadence des sols absolument certaine et à l'heure actuelle on constate l'absence complète d'un plan pour combattre l'aridité en progression et la disparition progressive des terres cultivables et de la végétation. Cette décadence fut entrevue il y a longtemps, mais c'est depuis quelques années seulement qu'on s'aperçoit des conséquences fatales qu'elle peut avoir et qu'on entrevoit les moyens de lutte.

C'est la recherche scientifique et non les improvisations empiriques souvent très coûteuses et inefficaces qui doivent nous guider dans l'amélioration des méthodes agro-sylvo-pastorales pour la conservation des sols et l'accroissement de la production d'où dépend le progrès de la civilisation et plus de bien-être pour les Africains.

Dans ce but il importe d'organiser une recherche scientifique efficace, disposant de crédits et de personnel suffisants et ayant pour chaque branche de

recherches, des travailleurs compétents se consacrant non seulement à la science pure, mais aussi et surtout à la science appliquée, en prenant exemple sur ce qui se fait dans d'autres pays, dans les déserts d'Asie centrale où on lutte activement contre l'asséchement et la décadence des sols et encore davantage au Congo belge où la Belgique consacre chaque année des centaines de millions de francs pour la recherche scientifique pure et appliquée et obtient des résultats qui font l'admiration du monde. Parmi les organismes attelés à l'étude de problèmes particulièrement importants, il nous plait de citer surtout : l'I. N. E. A. C. (Institut national pour l'étude agronomique du Congo belge), l'I. R. S. I. A. (Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture) consacrée surtout à la Métropole mais s'occupant aussi de la carte pédologique de la Belgique et du Congo et des recherches de phyto-pharmacie, du Comité cotonnier congolais : l'I. R. S. A. C. (Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique centrale) de création récente mais déjà en plein essor; enfin l'Institut national des Parcs nationaux du Congo belge qui a patronné déjà des travaux du plus haut intérêt et veille sur la conservation de la Faune, de la Flore et de toutes les richesses naturelles de l'Afrique centrale.

Il est grand temps que la France entre dans la même voie. Elle doit aussi intéresser les Africains à cette œuvre. La désagrégation des coutumes des peuplades africaines et la régression des techniques anciennes traditionnelles, empiriques, mais basées sur des observations rationnelles très anciennes, a aujourd'hui des conséquences funestes. Pourtant on ne peut méconnaître aux Noirs beaucoup de bon sens, une étonnante mémoire et un remarquable esprit d'observation surtout chez les jeunes. Aussi faut-il s'adresser aussi à eux. Il nous paraît nécessaire d'équiper de nombreuses écoles agro-sylvo-pastorales pratiques dans la brousse même. Il est aussi très nécessaire de trouver parmi les Africains des jeunes gens capables de collaborer à la recherche scientifique et en envoyer quelques-uns en France. Nous avons la conviction que l'on peut en découvrir non seulement parmi les évolués provenant de l'enseignement secondaire supérieur, mais aussi chez les simples paysans sortant des écoles primaires; il ne faut pas se contenter d'en faire de simples moniteurs, mais quand ils le méritent par leur intelligence et leur initiative en faire des collaborateurs en leur montrant par notre exemple que le travail manuel n'est pas dégradant. Ils devront collaborer avec nous à l'amélioration des conditions de vie de populations encore malheureuses, ignorantes et sous-alimentées, et cela nous paraît possible si nous savons préparer l'avenir.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Hyacinthe Vincent**, **Léon Binet** et **Gaston Ramon** sont désignés pour représenter l'Académie au premier **Congrès international de Médecine interne** qui aura lieu à Paris, du 11 au 14 septembre 1950.

MM. **Maurice Caullery** et **Auguste Chevalier** sont adjoints au Délégué précédemment désigné pour représenter l'Académie à la deuxième session de l'**Assemblée générale de l'Union internationale pour la protection de la nature**, qui se tiendra à Bruxelles, du 18 au 23 octobre 1950.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° René Bouvier et Édouard Maynial. *Aimé Bonpland. Explorateur de l'Amazonie, Botaniste de la Malmaison, Planteur en Argentine*, 1773-1858 (présenté par M. Chevalier.)

2° Marcel Boll. *Radio. Radar. Télévision.*

3° *Le Goudron de houille et ses dérivés*, par Jean Beck.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur quelques propriétés des groupes d'automorphismes d'un groupe abstrait.* Note (*) de M. **Léo Kaloujnine**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Démonstration d'une proposition sur des relations entre deux groupes d'automorphismes d'un groupe abstrait. Comme application de cette proposition on montre qu'un groupe d'automorphismes $\mathfrak{A}$ d'un groupe G est nilpotent si pour une suite $G = G_0 \supseteq G_1 \supseteq G_2 \supseteq \ldots \supseteq G_s \supseteq G_{s+1} = 1$ de sous-groupes invariants de G tout élément de $\mathfrak{A}$ induit l'automorphisme identique dans tout groupe quotient G_i/G_{i+1} ($i = 0, 1, \ldots, s$).

Soient G un groupe et $\mathfrak{H}$ un groupe d'automorphismes de G. Le groupe de tous les $a \in G$ qui sont invariants pour tout $\sigma \in \mathfrak{H}$ sera dit le $\mathfrak{H}$-*centre de* G et sera noté $Z(G; \mathfrak{H})$. On appellera $\mathfrak{H}$-*commutateur de* G et l'on désignera par $C(G; \mathfrak{H})$ le sous-groupe de G engendré par tous les éléments de la forme $\sigma a . a^{-1}$, où $\sigma \in \mathfrak{H}$ et $a \in G$. $C(G; \mathfrak{H})$ est aussi caractérisé comme le plus petit sous-groupe H de G, tel que l'ensemble G/H des classes à gauche de G suivant H est invariant [1] pour $\mathfrak{H}$ ($\sigma a H = a H$, pour tout $\sigma \in \mathfrak{H}$ et pour tout $a \in G$).

(*) Séance du 5 juin 1950.

[1] On dira qu'un ensemble A *est invariant par un ensemble d'applications* Φ, si l'on a $\varphi a = a$ pour tout $a \in A$ et pour tout $\varphi \in \Phi$.

$\mathfrak{H}_1$ et $\mathfrak{H}_2$ étant deux groupes d'automorphismes de G, on a la

PROPOSITION A. — *Deux* ([2]) *des trois relations suivantes :*

(α) $$Z(G;\, \mathfrak{H}_1) \supseteq C(G;\, \mathfrak{H}_2);$$

(β) $$Z(G;\, \mathfrak{H}_2) \supseteq C(G;\, \mathfrak{H}_1);$$

(γ) $\mathfrak{H}_1$ et $\mathfrak{H}_2$ commutent ([3]),

entraînent la troisième.

Démonstration. — Soient $\sigma_1 \in \mathfrak{H}_1$, $\sigma_2 \in \mathfrak{H}_2$, $a \in G$ quelconques.

La relation (α) entraîne :

$$\sigma_1(\sigma_2 a . a^{-1}) = \sigma_2 a . a^{-1} = \sigma_1 \sigma_2 a . \sigma_1 a^{-1},$$

d'où

(1) $$\sigma_1 \sigma_2 a = \sigma_2 a . a^{-1} . \sigma_1 a,$$

et, par suite,

(2) $$\sigma_1 \sigma_2 a = (\sigma_1 \sigma_2 a^{-1})^{-1} = (\sigma_2 a^{-1} . a . \sigma_1 a^{-1})^{-1} = \sigma_1 a . a^{-1} . \sigma_2 a.$$

De même, (β) entraîne

(1′) $$\sigma_2 \sigma_1 a = \sigma_1 a . a^{-1} . \sigma_2 a$$

et

(2′) $$\sigma_2 \sigma_1 a = \sigma_2 a . a^{-1} . \sigma_1 a.$$

Si (α) et (β) sont remplies simultanément, (1′) et (2) montrent qu'on a $\sigma_1 \sigma_2 a = \sigma_2 \sigma_1 a$ pour tout $a \in G$ et σ_1 et σ_2 sont permutables.

Si (α) et (γ) sont remplies simultanément, on a, en vertu de (2):

$$\sigma_1 \sigma_2 a = \sigma_2 \sigma_1 a = \sigma_1 a . a^{-1} . \sigma_2 a;$$

donc

$$\sigma_2 \sigma_1 a . \sigma_2 a^{-1} = \sigma_2(\sigma_1 a . a^{-1}) = \sigma_1 a . a^{-1},$$

ce qui entraîne (β).

THÉORÈME I. — *Soient* G *un groupe et* H *un sous-groupe de* G. *Soit le groupe* $\mathfrak{H}$ *de tous les automorphismes* σ *de* G, *tels que* H *et* G/H *soient invariants par* σ. $\mathfrak{H}$ *est un groupe abélien.*

En effet, on a par hypothèse $Z(G;\, \mathfrak{H}) \supseteq H \supseteq G(G;\, \mathfrak{H})$. Si dans la proposition A on pose $\mathfrak{H}_1 = \mathfrak{H}_2 = \mathfrak{H}$, les relations α et β sont vérifiées et, par conséquent, aussi γ. $\mathfrak{H}$ commute avec lui-même et est, par suite, abélien.

THÉORÈME II. — *Soit* $G = G_0 \supseteq G_1 \supseteq G_2 \supseteq \ldots \supseteq G_s \supseteq G_{s+1} = 1$ *une suite de sous-groupes invariants d'un groupe* G *et soit* $\mathfrak{A}$ *le groupe de tous les automorphismes* σ *de* G, *tels que, pour tout* $i = 0, 1, 2, \ldots, s$, G_i/G_{i+1} *soit invariant pour* σ. $\mathfrak{A}$ *est un groupe nilpotent.*

([2]) Par contre, on peut montrer par des exemples simples que, en général, (α) n'entraîne pas (γ) et (γ) n'entraîne pas (α).

([3]) On dira que deux sous-ensembles A, B d'un groupe G *commutent* si, pour tous $a \in A$, $b \in B$, on a $ab = ba$.

Démonstration. — On démontre le théorème par récurrence par rapport à s. Il est banal pour $s=0$, car $\mathfrak{A}$ se réduit alors à l'automorphisme identique. Supposons la propriété démontrée pour des suites d'une longueur plus petite que s. Soit $\mathfrak{Q}$ le sous-groupe des $\sigma \in \mathfrak{A}$ qui laissent invariant le groupe G_1. $\mathfrak{Q}$ est un sous-groupe invariant de $\mathfrak{A}$ et le groupe d'automorphismes de G_1 induits par les éléments de $\mathfrak{A}$ s'identifie d'une manière canonique avec $\mathfrak{A}/\mathfrak{Q}$. Puisque pour les automorphismes appartenant à $\mathfrak{A}/\mathfrak{Q}$ les facteurs G_i/G_{i+1}, $i \geq 1$ sont invariants, $\mathfrak{A}/\mathfrak{Q}$ est nilpotent par hypothèse de récurrence. Soit $\mathfrak{A}=\mathfrak{N}_1 \supseteq \mathfrak{N}_2 \supseteq \ldots \supseteq \mathfrak{N}_s \supseteq 1$ la suite des sous-groupes invariants de $\mathfrak{A}$ où $\mathfrak{N}_i$ est le sous-groupe de tous les automorphismes appartenant à $\mathfrak{A}$ pour lesquels G/G_i est invariant. Considérons la suite $\mathfrak{Q}=\mathfrak{Q}_1 \supseteq \mathfrak{Q}_2 \supseteq \ldots \supseteq \mathfrak{Q}_s \supseteq 1$ des sous-groupes de $\mathfrak{Q}$, où $\mathfrak{Q}_i=\mathfrak{N}_i \cap \mathfrak{Q}$.

Si nous démontrons que $\mathfrak{Q}_i/\mathfrak{Q}_{i+1}$ $(i=1, 2, \ldots, s)$ est contenu dans le centre de $\mathfrak{A}/\mathfrak{Q}_{i+1}$, il en résultera que $\mathfrak{A}$ est un groupe nilpotent, car il possédera une suite centrale commençant par $1 \subseteq \mathfrak{Q}_s \subseteq \ldots \subseteq \mathfrak{Q}_2 \subseteq \mathfrak{Q}$ dont le dernier terme sera $\mathfrak{A}$ ($\mathfrak{A}/\mathfrak{A}$ étant nilpotent).

Notons par $\mathfrak{Q}_i^*$ (resp. σ_i^*) l'image par l'homomorphisme canonique de $\mathfrak{Q}_i$ (resp. d'un $\sigma_i \in \mathfrak{Q}_i$) dans $\mathfrak{A}/\mathfrak{N}_{i+1}$. G_1/G_{i+1} est invariant par tout $\sigma_i^* \in \mathfrak{A}_i^*$; car σ_i^* est un automorphisme induit dans G/G_{i+1} par un automorphisme $\sigma_i \in \mathfrak{Q}$.

On a, par conséquent,

$$Z\left(\frac{G}{G_{i+1}};\ \mathfrak{Q}_i^*\right) \supseteq \frac{G_1}{G_{i+1}} \supseteq C\left(\frac{G}{G_{i+1}};\ \frac{\mathfrak{A}}{\mathfrak{N}_{i+1}}\right).$$

De même, puisque $\mathfrak{Q}_i \subseteq \mathfrak{N}_i$, on a

$$C\left(\frac{G}{G_{i+1}};\ \mathfrak{Q}_i^*\right) \subseteq \frac{G_i}{G_{i+1}} \subseteq Z\left(\frac{G}{G_{i+1}};\frac{\mathfrak{A}}{\mathfrak{N}_{i+1}}\right).$$

Par suite, en vertu de la proposition A, $\mathfrak{Q}_i^*$ commutent avec $\mathfrak{A}/\mathfrak{N}_{i+1}$. Ainsi, pour tout $\sigma_i \in \mathfrak{Q}_i$ et pour tout $\sigma \in \mathfrak{A}$, le commutateur $(\sigma, \sigma_i)=\sigma\sigma_i\sigma^{-1}\sigma_i^{-1}$ appartient à $\mathfrak{N}_{i+1}$. Mais (σ, σ_i) appartient aussi à $\mathfrak{Q}$, car $\mathfrak{Q}$ est un sous-groupe invariant de $\mathfrak{A}$. Donc, on a $(\sigma, \sigma_i) \in \mathfrak{Q}_{i+1}$, ce qui montre que $\mathfrak{Q}_i/\mathfrak{Q}_{i+1}$ est contenu dans le centre $\mathfrak{A}/\mathfrak{Q}_{i+1}$ et démontre le théorème.

Remarque. — La démonstration montre en même temps que la classe de $\mathfrak{A}$ est $\leq 2^{s-1}$. J'ignore si cette borne peut être améliorée.

THÉORIE DES GROUPES. — *Applications dérivables d'un groupe dans un autre.* Note de M. **Jean Riss**, présentée par M. Élie Cartan [1].

Tous les groupes dont il est question dans cette Note sont abéliens localement compacts et nous montrons comment à l'aide des fonctions dérivables à valeurs

---

[1] Pour les notions utilisées ici sans définition, voir *Comptes rendus*, 227, p. 664-666 et 1194-1195.

complexes définies sur les groupes, on peut définir et étudier les applications dérivables d'un groupe dans un autre.

DÉFINITION. — *On dira qu'une application* $t \to \varphi(t)$ *de la droite* R *dans le groupe* G *est dérivable si quel que soit le caractère* $\hat{x}$ *sur* G *la fonction* $t \to [\varphi(t), \hat{x}]$ *appartient à* $\mathcal{E}_1(\mathrm{R})$ (²).

THÉORÈME 1. — *Si* φ *est une application dérivable de* R *dans* G *elle est continue, pour toute fonction* $f \in \mathcal{E}_1(\mathrm{G})$ *la fonction composée* $f \circ \varphi$ *appartient à* $\mathcal{E}_1(\mathrm{R})$ *et il existe une application et une seule* $\partial\varphi$ *de* R *dans* $\mathcal{R}(\mathrm{G})$ (³) *satisfaisant à* $(d/dt)(f \circ \varphi) = (d_{\partial\varphi(t)} f) \circ \varphi$ *et cette application est continue.*

L'application $\partial\varphi$ sera dite l'application dérivée de l'application dérivable φ. Quelles que soient les applications dérivables φ et φ' de R dans G et les endomorphismes e et e' de G l'application $e \circ \varphi + e' \circ \varphi'$ est dérivable et sa dérivée est $\bar{e} \circ \partial\varphi + \bar{e}' \circ \partial\varphi'$ (⁴); on en déduit en particulier que si $\partial\varphi' = \partial\varphi$ alors $\varphi' - \varphi$ est constante et que si $\partial\varphi$ est constante φ est à une translation près une représentation.

THÉORÈME 2. — *Toute application dérivable* φ *de* R *dans* G *est composée d'une application* Φ *de* R *dans* $\mathcal{R}(\mathrm{G})$ *et de l'application* $r \to r(1)$ *de* $\mathcal{R}(\mathrm{G})$ *dans* G. *L'application* Φ *est définie à une constante additive près quand on lui impose d'être continue, ce qui se peut toujours, et est alors l'intégrale dans* $\mathcal{R}(\mathrm{G})$ *de l'application* $\partial\varphi$.

DÉFINITION. — *On dira que l'application* θ *du groupe* G *dans le groupe* G' *est dérivable si pour tout caractère* $\hat{x}'$ *sur* G' *la fonction* $x \to [\theta(x), \hat{x}']$ *appartient à* $\mathcal{E}_1(\mathrm{G})$.

Pour que θ soit une application dérivable, il faut et il suffit que pour toute application dérivable φ de R dans G l'application composée $\theta \circ \varphi$ soit dérivable, et si les deux applications dérivables φ, φ' de R dans G sont tangentes en t (⁵), il en est de même de $\theta \circ \varphi$ et $\theta \circ \varphi'$. On en déduit que toute application dérivable θ définit pour tout $x \in \mathrm{G}$ une application $\partial\theta_x$ (⁶) de $\mathcal{R}(\mathrm{G})$ dans $\mathcal{R}(\mathrm{G}')$; $r \to \partial\theta_x(r)$ est une représentation de $\mathcal{R}(\mathrm{G})$ dans $\mathcal{R}(\mathrm{G}')$ et est continue sur $\mathrm{G} \times \mathcal{R}(\mathrm{G})$; $r \to \partial\theta_x(r)$ sera dite l'application dérivée en x de θ.

LEMME. — *Soient* φ *une application dérivable de* R *dans* G, θ *une application*

(²) $\mathcal{E}_1(\mathrm{G})$ est l'espace des fonctions définies sur G à valeurs complexes, continues, dérivables et à dérivées continues.

(³) $\mathcal{R}(\mathrm{G})$ est l'espace des représentions continues de R dans G.

(⁴) Si e est une représentation continue de G dans G' $\bar{e}$ est la représentation de $\mathcal{R}(\mathrm{G})$ dans $\mathcal{R}(\mathrm{G}')$ définie pour tout $r \in \mathcal{R}(\mathrm{G})$ par $\bar{e}(r) = e \circ r$.

(⁵) C'est-à-dire si $\varphi(t) = \varphi'(t)$ et si $\partial\varphi(t) = \partial\varphi'(t)$.

(⁶) $\partial\theta_x(r)$ n'est autre que la valeur pour $t = 0$ de l'application dérivée de l'application $t \to \theta[x + r(t)]$.

dérivable de G *dans* G′; *alors l'intégrale* [*dans* $\mathcal{R}(G)$] $\psi_t = \int_{t_0}^{t} \partial\theta_{\Phi_{t}(1)}(\Phi'_t)\,dt$ (*où* Φ *est la fonction définie au théorème* 2) *existe et l'on a*

$$\psi_t(1) = \theta[\varphi(t)] - \theta[\varphi(t_0)].$$

On en déduit :

Théorème 3. — *Soit* θ *une application dérivable et continue du groupe compact* G *dans le groupe* G′. *Il existe une famille d'applications continues et dérivables* $(\theta_\lambda)_{\lambda\in\Lambda}$ *définies sur des quotients* G/H_λ *et à valeurs dans des quotients* G'/H'_λ *telles que pour tout* x *les ensembles* $\overset{-1}{h'_\lambda}[\theta_\lambda(h_\lambda(x))]$ (*où* $h^{(\prime)}_\lambda$ *est l'homomorphisme canonique de* $G^{(\prime)}$ *sur* $G^{(\prime)}/H^{(\prime)}_\lambda$) *forment dans* G′ *des bases de filtres qui convergent uniformément vers* $\theta(x)$ *quand les sous-groupes* H'_λ *convergent vers zéro en restant dans* $\mathcal{H}(G')$ (7) *de même que les* H_λ *dans* $\mathcal{H}(G)$.

Théorème 4. — *Toute application continue et dérivable d'un groupe connexe dans un autre groupe est déterminée à une translation près par son application dérivée.*

En particulier pour qu'une application continue et dérivable d'un groupe G connexe dans un autre soit représentation, il faut et il suffit que l'application dérivée soit indépendante de $x \in G$.

Signalons enfin que le théorème classique de dérivation des applications composées prend la forme suivante : soient θ' et θ'' deux applications dérivables de G dans G′ et de G′ dans G″, alors l'application $\theta = \theta' \circ \theta''$ est une application dérivable et $\partial\theta_x = \partial\theta''_{\theta'(x)} \circ \partial\theta'_x$.

AÉRODYNAMIQUE. — *Mesure en soufflerie de la résultante aérodynamique sur un profil de courant plan à incidence variable en régime harmonique.* Note (*) de M. **Michel Scherer**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons poursuivi les expériences ayant pour objet la mesure des efforts aérodynamiques, exercés en soufflerie sur un profil de courant plan, animé d'un mouvement de tangage harmonique (1). L'axe de rotation se trouve à 42 % de la corde du profil, comptés à partir du bord d'attaque. Le mouvement est obtenu en excitant harmoniquement à la résonance, un système élastique qui bride le déplacement de la maquette. L'angle d'incidence du profil est maintenu au voisinage de la direction de portance nulle. Seule la partie centrale de la maquette couvrant le quart de l'envergure est pesée, suivant une méthode

---

(7) $H \in \mathcal{H}(G)$ si H est compact et si $\mathcal{R}(G/H)$ est euclidien; pour tout G $\mathcal{H}(G)$ est une base de filtre qui converge vers zéro.

(*) Séance du 5 juin 1950.

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 925.

déjà utilisée ([2]); ainsi les efforts ne sont mesurés qu'à l'endroit où le courant plan expérimental se rapproche le plus de l'écoulement théorique.

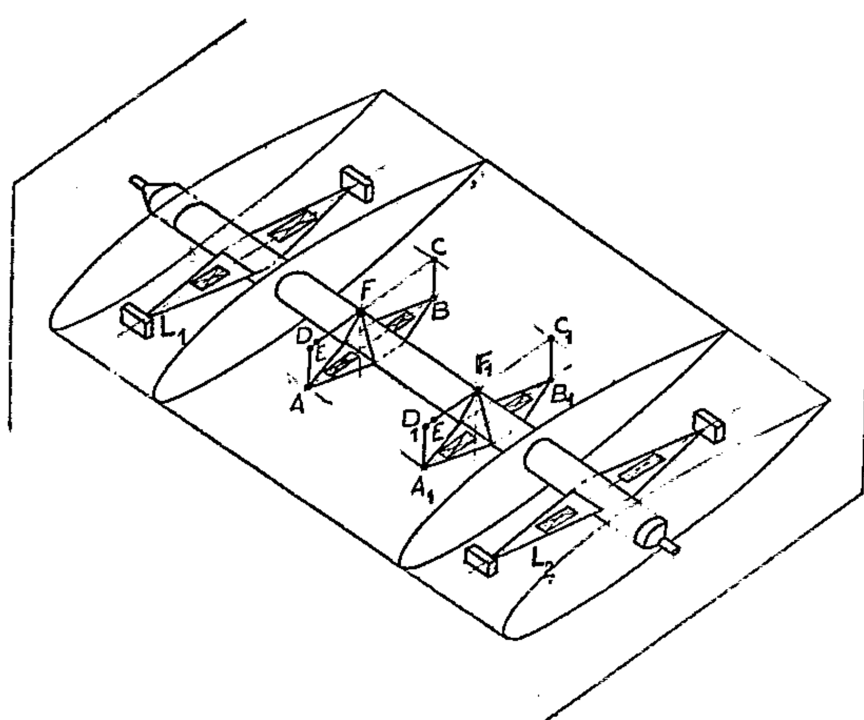


Fig. 1.

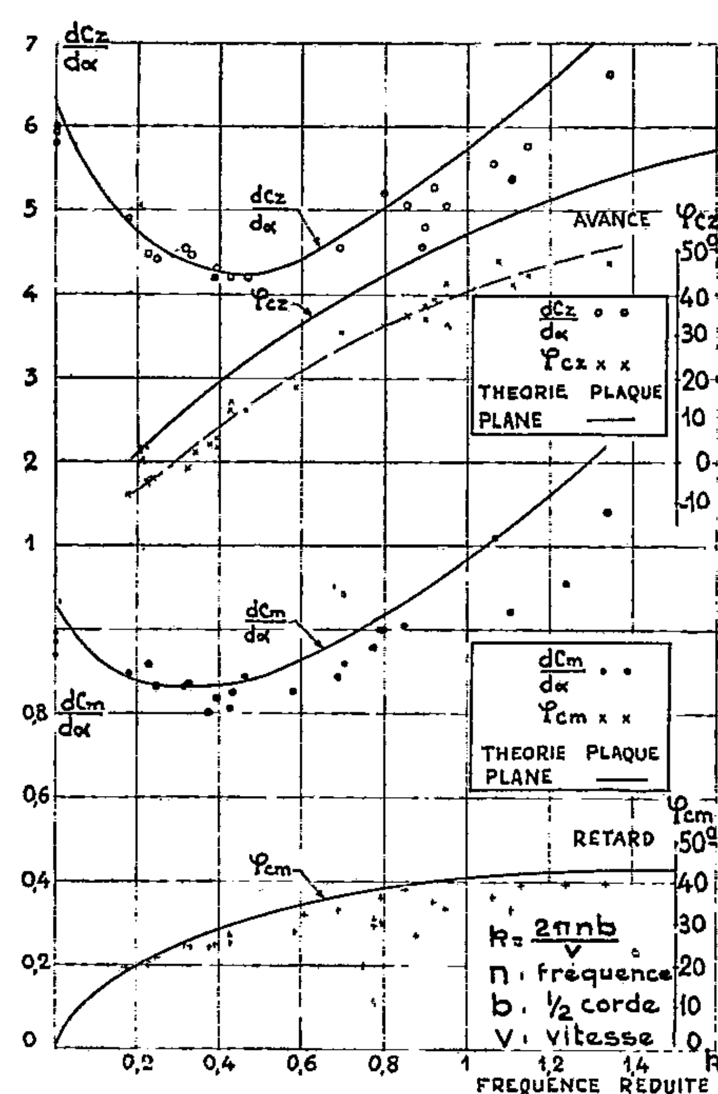


Fig. 2.

La balance (*fig.* 1) destinée, d'après une suggestion de M. Girerd, à mesurer uniquement les efforts aérodynamiques en éliminant les efforts d'inertie, est interposée entre la partie pesée et le châssis qui transmet le mouvement d'entraînement. Elle est constituée par un montage sur des lames de ressort travaillant en flexion et jouant le rôle de dynamomètres sans course. Des jauges extensométriques à résistance collées sur ces lames détectent les déformations. Ces jauges sont connectées entre elles de façon que la partie gauche de la balance donne la portance et la partie droite le moment autour de l'axe de rotation. Deux autres lames (L_1, L_2), équipées de la même façon et soumises au mouvement d'entraînement, portent des masselottes à leurs extrémités libres. Les indications des jauges portées par L_1 et L_2 sont retranchées électriquement des indications homologues de la balance. Les masselottes sont réglées de façon à restituer les effets d'inertie dus aux masses agissant sur la balance, par un étalonnage dynamique, où la partie pesée est soustraite à l'influence de l'air. Les extrémités des montages de jauges sont branchées sur des appareils électroniques Sexta ([3]), qui font correspondre aux faibles

([2]) Girerd, *Publ. Sc. et Tech. du Ministère de l'Air*, n° 53.

([3]) Brachet, *Mesures*, janvier à avril 1949.

variations de résistance, des différences de potentiel finies, que l'on transmet aux plaques d'un oscilloscope. Deux courbes de Lissajous ayant en abscisse l'incidence et en ordonnées la portance et le moment ont été enregistrées simultanément.

Les résultats sont présentés sous forme de coefficients sans dimension, habituels $dC_z/d\alpha$ et $dC_m/d\alpha$, en module et en phase, en fonction de la fréquence réduite k (*fig.* 2). Les points expérimentaux sont plus proches des valeurs théoriques que ceux trouvés aux essais précédents ([1]).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Connexion entre la définition des noyaux de Feynman* ([1]) *et celle des grandeurs de champ de L. de Broglie* ([2]). Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les ondes convergentes et la probabilité des causes; lien entre l'*absorption* et la *postvision*, entre l'*émission* et la *prévision*. En théorie de Dirac, l'image des trous amène à définir, avec Feynman, une *prévision* et une *postvision selon l'action*. En théorie du photon de L. de Broglie, l'interprétation des énergies négatives suggère de même les notions d'*émission* et d'*absorption selon l'action*.

Les ondes divergentes habituelles étant associées comme on sait aux problèmes de prévision, on voit que les ondes convergentes sont associées symétriquement aux problèmes de probabilité des causes, ou de *postvision;* si, par exemple, un corpuscule est reçu dans un état déterminé, l'on sait qu'il ne se trouvait pas initialement sur les ondes dont l'amplitude serait nulle dans le problème de *retour inverse;* ceci, joint au principe de l'*équiprobabilité a priori*, fonde la proposition ([3]). Dans ce qui précède, un lien apparaît entre la réception, ou l'*absorption*, et la *postvision*, et de même entre l'*émission* et la *prévision;* nous ne prétendons pas, naturellement, que l'absorption n'est pas un phénomène prévisible, et que l'émission n'est pas un phénomène postvisible, mais nous disons que l'absorption est un phénomène qui permet la postvision, non la prévision, et *vice versa* pour l'émission.

En théorie non relativiste, le $\Psi_0(x, t=0)$ étant donné, les problèmes de prévision et de postvision s'identifient respectivement au problème de Cauchy pour les domaines $t_+ > 0$ et $t_- < 0$. En théorie de l'électron de Dirac comme en théorie du photon de Louis de Broglie, un approfondissement très subtil des notions se trouve imposé par le double fait que : A, un système complet pour

---

([1]) *Phys. Rev.*, 6, 1949, 76, équ. (17), p. 782.

([2]) *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs*, Paris, 1949, équ. (52), p. 137.

([3]) Discussion plus complète chez V. A. Fok, *Dokl. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 60, 1948, 7, p. 1157-1159. Notons que l'*onde de postvision* ne rétablit nullement l'*onde de prévision* qui aurait résulté d'une mesure antérieure, si celle-ci avait été faite.

développer un Ψ_0 arbitraire contient obligatoirement les ondes planes à énergies négatives E_- à côté de celles à énergies positives E_+ ([4]); B, la nécessité d'interpréter, en théorie de Dirac, les ondes E_- conformément à l'image des trous et, en théorie du photon, conformément aux idées de Louis de Broglie, entraîne la conséquence que si, dans un problème physique, les ondes E_+ règnent dans un domaine de l'espace-temps, les ondes E_- régneront dans un autre domaine, passé pour futur, et *vice versa*.

En théorie de Dirac, si une mesure faite à l'instant $t=0$ a fourni un certain ψ_0, le double problème qui se présente dans la formulation naïve de la théorie est *quelle est la distribution de probabilités pour trouver un électron* E_+ *ou un électron* E_- *dans la région* t_+? *dans la région* t_-? C'est le double problème de la pré- et de la postvision, qui se traduit par un double problème de Cauchy. Mais la théorie des trous entraîne la conséquence que le double problème physiquement intéressant n'est pas celui-là, mais bien : *le* ψ_0 *étant donné, quelle est la distribution de probabilités pour trouver un électron* E_+ (*négaton*) *dans la région* t_+ *et un électron* E_- (*positon*) *dans la région* t_-? E_+ *dans* t_-, E_- *dans* t_+? Ce double problème n'est plus un problème de Cauchy; pour le caractériser d'un mot sous sa première forme, Feynman ([5]) a introduit la notion d'une *prévision selon l'action*, et alors la seconde forme s'intitule d'elle-même *postvision selon l'action*; naturellement, cette double connexion n'a rien d'ontologique, et on peut l'intervertir en échangeant les conventions de base, en fait en attribuant le rôle fondamental au positon et non plus au négaton. Le point important est que *ces définitions nouvelles sont imposées par la nécessité d'avoir à traiter des problèmes où un électron se trouve distribué sur des états* E_+ *et* E_-; sans cela il resterait permis de conserver aux mots prévision et postvision leur sens ordinaire, et d'attacher les E_+ à la prévision, les E_- à la postvision; *cela devient impossible si l'on désire dénommer d'un seul mot chacune des formes du double problème précédent.*

En théorie du photon de Louis de Broglie, considérons un instant-point où peuvent se produire des absorptions ou des émissions; il s'y trouve, par exemple, un atome très lourd distribué sur ses divers états. Pour représenter

---

([4]) Cela tient, dans le cas du photon, à ce que 8 composantes suffisent à fixer le Φ, et à ce que 4 amplitudes de l'onde plane sont arbitraires; *voir* G. Petiau, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 991; **208**, 1939, p. 969; *Journ. de Phys.*, **10**, 1939, p. 413-419.

([5]) Contrairement à ce qui peut sembler au premier abord, ce n'est pas un problème de Dirichlet, illicite ici, que se pose Feynman; à propos de ses formules (18) et (19), Feynman aurait dû expliciter le rôle essentiel joué par le cône caractéristique ayant son sommet en 2. *Voir* sur ces sujets A. Visconti, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 928. A vrai dire, Feynman se pose le problème de la prévision sous une forme légèrement différente de la nôtre; le lecteur verra de lui-même comment se correspondent cette forme et celle du présent texte, et aussi quelle forme symétrique revêtirait, chez Feynman, le problème de la postvision.

le champ en cet instant-point, Louis de Broglie associe des grandeurs concernant des E_+ (ondes absorbées) et des E_- (ondes émises); pour caractériser cette situation d'un mot, nous proposons la notion d'une *absorption selon l'action*, qui est une absorption ordinaire pour les ondes E_+ et une émission ordinaire pour les ondes E_-. Si, au départ, Louis de Broglie avait défini le champ électromagnétique par la transition d'émission et non pas par celle d'absorption, ce sont les ondes E_- qui seraient associées à l'absorption et les ondes E_+ à l'émission; pour caractériser d'un mot l'onde photonique non annihilée qui apparaîtrait alors, nous proposons la notion d'une *émission selon l'action*. Naturellement, il reste constamment permis de passer de l'un à l'autre des points de vue précédents, ce qui se fait en confiant la définition fondamentale du champ soit à l'absorption, soit à l'émission; *le point important est la nécessité d'introduire la double définition nouvelle dès l'intant où l'on veut caractériser d'un mot la situation d'un photon distribué à la fois sur des ondes* E_+ *et* E_-.

Finalement, une correspondance très profonde se découvre entre la théorie de Dirac, compte tenu de l'image des trous, et la théorie du photon de Louis de Broglie, compte tenu de l'interprétation appropriée des énergies négatives. Cette convergence est d'autant plus frappante qu'elle n'a pas été recherchée par les auteurs intéressés.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur une méthode variationnelle dans les problèmes de diffraction et de diffusion des ondes brogliennes.* Note de M. **Théo Kahan**, présentée par M. Louis de Broglie.

On connaît le succès éclatant des principes variationnels de Ritz, de Schrödinger, de Hartree et de Fock pour l'étude des valeurs propres de systèmes quantiques. L'une des plus puissantes, applicable aussi au spectre continu, est celle de M. Hulthen. Considérons un système de deux particules de masses m_1 et m_2, ayant un potentiel d'interaction $V(r)$ et une énergie positive E. Si $V(r)$ n'est fonction, pour un état donné, que de la distance r entre les particules, l'équation d'onde revêtira la forme suivante :

$$(1)\qquad H[\psi]=\left[\frac{d^2}{dr^2}-\frac{l(l+1)}{r^2}+k^2-U(r)\right]\psi[r]=D[\psi]-U[\psi],$$

$$(2)\qquad k^2=8\pi^2 m_1 m_2\frac{E}{h(m_1+m_2)},\qquad U(r)=8\pi^2 m_1 m_2\frac{V(r)}{m_1+m_2},$$

$\psi(r)/r$ étant la fonction d'onde radiale associée à l'énergie E (système du centre de gravité) et au nombre quantique azimutal l. $V(r)$ dépendra en général de l et des propriétés de spin du système. J'admettrai avec Hulthen que $V(r)$ tend vers zéro plus rapidement que $1/r^p$, $p>1$, pour $r\to\infty$. Soient

$$(3)\qquad \psi(0)=0,\qquad \psi(r\to\infty)<\infty$$

les conditions aux limites pour ψ. Pour r grand, ψ aura alors la forme asymptotique suivante :

(4) $$\psi_l(r)_{r\to\infty} = \cos\eta_l \sin\left(kr - l\frac{\pi}{2}\right) + \sin\eta_l \cos\left(kr - l\frac{\pi}{2}\right) + O\left(\frac{1}{r^{p-1}}\right),$$

η_l étant le déphasage dû au champ de force $V(r)$: $\eta = 0$ pour $V = 0$; $\eta = f(k, l)$. Cette quantité joue un rôle fondamental dans les problèmes de collision puisque la section efficace de choc a pour expression

$$\sigma = \frac{4\pi}{k^2}\sum_{l=2}^{\infty}(2l+1)\sin^2\eta_l \sim 4\pi^2 \sin^2\frac{\eta}{k^2}.$$

Définissons maintenant avec Hulthen

(5) $$L = \int_0^\infty \psi H[\psi]\,dv = \int_0^\infty \psi D[\psi] - \int_0^\infty U\psi^2\,dv,$$

Avec les hypothèses précédentes, (5) existe pour toute fonction continue, bornée et dérivable $\psi(r)$ vérifiant nos conditions aux limites. La solution exacte de (1) annule (5) identiquement. Prenant maintenant une fonction $\psi' = \psi + \partial\psi$ qui diffère infiniment peu de ψ mais vérifiant (3) et (4) avec un déphasage $\eta' = \eta + \partial\eta$, de telle sorte qu'on aura

(6) $$\partial\psi = 0, \quad r = 0; \quad \partial\psi \to \cos\left(kr - l\frac{\pi}{2} + \eta\right)\partial\eta, \quad r \to \infty,$$

(7) $$\partial L = 2\int_0^\infty \partial\psi\, D[\psi]\,dr - 2\int_0^\infty \partial\psi\, U\psi\,dv - k\,\partial\eta.$$

Il s'ensuit que si ψ satisfait à (1),

(8) $$\partial L + k\,\partial\eta = 0, \qquad \frac{\partial L}{\partial\eta} = -k.$$

La méthode de Hulthen est alors la suivante. Pour calculer η, on recherche une fonction approchée ψ vérifiant (3) et (4) et renfermant, en plus du déphasage inconnu η, un nombre n de paramètres indéterminés $c_1, c_2, \ldots, c_n$. On porte cette fonction dans (5), et l'on obtient $L(\eta; c_1, \ldots, c_n)$, on annule cette expression

(9) $$L(\eta; c_1, \ldots, c_n) = 0$$

et l'on joint les conditions extrémales

(10) $$\frac{\partial L}{\partial c_1} = 0, \quad \ldots, \quad \frac{\partial L}{\partial c_n} = 0,$$

(9) et (10) fournissent le nombre nécessaire d'équations pour déterminer η.

Or, dans la plupart des cas pratiques, la condition (9) conduit à des complications (plusieurs racines pour η, ou équation transcendante).

Il est donc plus naturel et plus commode de se servir de la condition (8) comme équation déterminante et de postuler

$$(11) \qquad \frac{\partial L}{\partial \eta} + k = 0, \qquad \frac{\partial L}{\partial c_1} = 0, \qquad \frac{\partial L}{\partial c_2} = 0, \qquad \ldots, \qquad \frac{\partial L}{\partial c_n} = 0.$$

Supposons maintenant que notre fonction de potentiel $V(r)$ soit la somme de m fonctions distinctes $V_1, V_2, \ldots, V_m$ et supposons que nous connaissions la solution de l'équation d'onde correspondante $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_m$ avec les déphasages $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_m$. La méthode variationnelle conduit alors tout naturellement à essayer comme solution de l'équation d'onde avec $V = \sum_{i=0}^{m} V_i$

$$\psi = a_1\psi_1 + a_2\psi_2 + \ldots + a_m\psi_m,$$

ou, en se bornant, pour simplifier au cas $m = 2$ $(V = V_1 + V_2)$

$$\psi_1 = \mu_1 \sin kr + \nu_1 \cos kr, \qquad \lim_{r \to \infty} \nu_1(r) = \operatorname{tg}\eta_1; \qquad \lim_{r \to \infty} \mu_1(r) = 1,$$

$$\psi_2 = \mu_2 \sin kr + \nu_2 \cos kl, \qquad \lim_{r \to \infty} \nu_2(r) = \operatorname{tg}\eta_2; \qquad \lim_{r \to \infty} \mu_2(r) = 1.$$

$$\psi = (a_1\mu_1 + a_2\mu_2 \sin kv + (a_1\nu_1 + a_2\nu_2)\cos kr, \qquad \lim_{r \to \infty} (a_1\nu_1 + a_2\nu_2) = \operatorname{tg}\eta,$$

et à déterminer les coefficients inconnus par nos conditions extrémales

$$\frac{\partial L}{\partial a_1} = 0, \qquad \frac{\partial L}{\partial a_2} = 0,$$

dont plusieurs peuvent être nulles en dehors de certains intervalles $(r'_1 r''_1)$, (r'_2, r''_2) de sorte que

$$\int_0^\infty U\psi^2\,dv = \int_0^{r'_1} U_1\psi^2\,dr + \int_{r'_1}^{r''_1} U_2\psi^2\,dr + \ldots + \int_{r'_i}^{r''_i} U_i\psi^2\,dv + \ldots.$$

Signalons encore, pour le cas $i = 2$, lorsque $U_1 = A$ pour $0 < r < r'_1$ et $U_1 = 0$ pour $r > r'_1$; $U_2 = 0$ pour $r < r'_1$, $U_2 = U_2(r)$ pour $r > r'_1$, les relations suivantes :

$$\sin\left[(\eta_1 - \eta_2) + (l_1 - l_2)\frac{\pi}{2}\right] = \frac{1}{k}\left[\int_0^{r'_1} \psi_{2l_2} A \psi_{1l_1}\,dr - \int_{r'_1}^{\infty} \psi_{2l_2} U_2 \psi_{1l_1}\,dr\right].$$

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les changements d'éclat à courte période des petites planètes et sur la variabilité de* (63) *Ausonia*. Note (*) de M. **Roger Rigollet**, présentée par M. Bernard Lyot.

Des essais entrepris avec un instrument d'observation visuelle du type *Richest Field Telescope* ont montré l'efficacité de l'emploi de celui-ci pour

(*) Séance du 31 mai 1950.

l'observation photométrique des petites planètes. Il s'agit d'un réflecteur à miroir parabolique de 157^{mm} d'ouverture et 616^{mm} de longueur focale, construit par M. J. Texereau à l'Observatoire de Paris [1]. Les caractéristiques optiques de cet instrument sont conçues pour concilier le plus faible grandissement possible des images avec son pouvoir lumineux propre, c'est-à-dire pour faire apparaître et rendre simultanément visibles dans le champ un nombre maximum d'étoiles dans une direction donnée de la sphère céleste. Il en résulte qu'un objet situé dans le champ, dont on se propose de déterminer l'éclat, trouve facilement à bonne portée (surtout s'il est mobile comme une petite planète) une série de termes de comparaison d'une grande variété de magnitudes, permettant des interpolations serrées.

Au moyen de ce dispositif mis en usage à partir d'octobre 1949, il m'a été quant à présent possible d'examiner le cas d'une vingtaine d'astéroïdes, dont l'éclat à l'opposition était compris entre les magnitudes 8 et 10. J'ai constaté ce qui suit (étant précisé que j'ai pris les précautions élémentaires pour m'éviter les effets de l'équation de position) :

a. Presque tous les astéroïdes étudiés ont donné des signes certains de variabilité; toutefois les amplitudes sont généralement faibles et inférieures à $0^{m},10$;

b. Deux astéroïdes n'ont pas présenté de changements d'éclat appréciables (amplitude $\leq 0^{m},05$) à l'époque de leur dernière opposition : (8) Flore et (354) Eleonora;

c. Par contre, quelques astéroïdes ont montré des variations franches dont l'amplitude approchait $0^{m},2$; c'est le cas par exemple de deux astéroïdes dont la variabilité déjà annoncée antérieurement a été facilement vérifiée dans ces observations : (30) Uranie, (44) Nysa, et j'ai constaté que *tel est également le cas de* (63) Ausonia;

d. Les courbes de variation bien déterminées sont toujours apparues régulières et approchant la forme sinusoïdale. Quant aux périodes, elles ont été établies pour quelques objets avec les valeurs suivantes :

(30) Uranie...........	$6^{h}50^{m},4$	(63) Ausonia.........	$4^{h}39^{m},0$
(14) Irene............	$5^{h}44^{m},1$	(532) Herculina.......	$3^{h}27^{m},5$

Il s'agit ici des périodes *simples*; la période de rotation est le double de celle indiquée ci-dessus *dans le cas* où la variation d'éclat est attribuable à la forme ellipsoïdale du corps.

---

[1] Une description de cet instrument a paru dans le *Bulletin de la Société Astronomique de France*, 1949, p. 235-237.

CHALEUR. — *Réflexions sur la combustion de carbures pulvérisés.* Note (*) de MM. **Georges Monnot** et **Rostislav Vichnievsky**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les dérivés lourds du pétrole utilisés dans les conditions les plus variées comme source d'énergie thermique sont brûlés après pulvérisation dans l'air de combustion : tel est le cas des moteurs Diesel, de nombreux foyers domestiques, de fours industriels, etc. La flamme qui apparaît dans de telles conditions est très lumineuse, par suite de la présence en son sein de nombreuses particules de carbone. Différents auteurs (1) ont mis à profit cette propriété pour faire des mesures pyrométriques et l'un de nous (2) a décrit dans une Note précédente un appareil à cellules photoélectriques susceptible de fournir la température de couleur de flammes développées dans la chambre de combustion d'un moteur Diesel.

Dans un Diesel monocylindrique à injection directe, nous avons procédé au relevé simultané de températures et de pressions pendant le cycle. Dans ces expériences, les conditions de marche du moteur étaient fixes et seules variaient :

1° la pression de l'air d'admission, égale à la pression atmosphérique augmentée de 100, 200 ou 300 g/cm^2;

2° la richesse, dont on a fait varier la valeur de 0,34 à 0,48;

3° l'avance à l'injection, qui a été réglée de 12°,5 à 20° avant le P. M. H.

Par contre, le même gas-oil a été utilisé tout au long de ces diverses expériences.

Il est remarquable que, dans toutes ces expériences, la température de couleur relevée au début de la combustion est toujours voisine de 1950° K.

Des relevés de température ont été faits par ailleurs dans un four expérimental chauffé au fuel (3), et il a été observé également que les températures maxima relevées dans les flammes sont indépendantes des débits de fuel et d'air, les conditions de fonctionnement étant par ailleurs maintenues fixes. Ces températures maxima sont de 1800° K à 1850° K.

Ces résultats nous ont amenés à supposer que les gouttelettes de combustible liquide brûlent toujours de la même façon. Du centre de la gouttelette vers l'extérieur, la concentration en carburant varie de l'unité à zéro. La concen-

---

(*) Séance du 5 juin 1950.

(1) O. A. Uychara, P. S. Myers, K. M. Watson et L. A. Wilson, *Transactions of the A. S. M. E.*, 1946; P. S. Myers et O. A. Uychara, *S. A. E.*, *quarterly transactions*, 1947 et 1949.

(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 906-908.

(3) *Rapport du Comité d'Étude du rayonnement des flammes* (en cours).

tration en air carburant suit une loi inverse. La flamme qui apparaît lors de l'inflammation de la gouttelette progresse donc vers le centre de celle-ci jusqu'à la zone correspondant à la concentration limite supérieure d'inflammabilité, le reste de la gouttelette brûlant alors dans ces conditions par diffusion du carburant et de l'air.

Le calcul indique que, pour une molécule d'hexadécane que l'on peut prendre pour constituant moyen du gas-oil, la température de 1950°K correspondrait à une combustion avec un défaut d'air de 40 % (richesse du mélange égale à 1,7). Pour cette même molécule la température de 1850° K observée dans le four expérimental correspondrait à un défaut d'air de 33 % (richesse du mélange égale à 1,5). L'élévation de température due dans le Diesel à la compression préalable élargit donc le domaine d'inflammation.

Différents auteurs ([4]) ont donné les concentrations limites de combustion pour les premiers termes de la série des carbures paraffiniques à chaîne droite. L'extrapolation de ces données permet de prévoir que la limite supérieure pour les carbures plus lourds contenus dans le gas-oil ou le fuel est au voisinage de la richesse 2, ce qui rend plausible l'hypothèse exposée ci-dessus.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *L'élévation de température des échantillons métalliques dans le microscope électronique.* Note de MM. **Hubert Forestier, Charles Haasser** et Mlle **Micheline Uhl**, présentée par M. Louis de Broglie.

Lors de l'examen de différentes préparations minérales au microscope électronique, nous avons constaté, à plusieurs reprises, des modifications spontanées de l'aspect des grains cristallins, pouvant aller jusqu'à la fusion. Les températures ainsi atteintes, dans des conditions d'éclairement normales, nous ont surpris et inquiétés quant à l'interprétation de résultats fondée, en principe, sur des observations effectuées à des températures voisines de l'ambiante ou supposées telles. Or, les différentes observations signalées antérieurement sur ce phénomène avaient été faites d'une manière plutôt sporadique; l'importance de cette question nous a donc conduits à étudier systématiquement, pour différentes grosseurs de grains, *l'influence de la place des éléments métalliques dans la classification périodique, sur la température atteinte au point d'impact électronique.*

Les difficultés présentées par une telle étude nous ont permis seulement d'effectuer des mesures approchées, rassemblées sous la forme de courbes, sur lesquelles les températures correspondent aux points de fusion observés dans des conditions bien déterminées.

([4]) Sivolobov, *Annales des Mines et des Carburants*, 1943, 3e livraison; W. Jost, *Explosion and Combustion Processes in gases*, 1946; N. A. Ragosin, *Recueil des constantes relatives aux hydrocarbures*, Moscou, 1947.

Le microscope utilisé est un microscope Siemens, à optique magnétique. La tension d'utilisation était de 85 kV, le grossissement égal à 14000, les variations de l'intensité du faisceau d'électrons étaient repérées au moyen d'une cellule photoélectrique très sensible placée sur l'une des fenêtres d'observation; nous désignerons par I (intensité) le chiffre obtenu sur l'échelle du galvanomètre relié à la cellule.

La détermination de l'épaisseur des grains de la préparation ne peut être qu'approximative; après un certain nombre de mesures du relief, effectuées par ombrage d'or, nous avons admis que l'épaisseur maximum d'un grain pouvait, en première approximation, être considérée comme sensiblement égale au diamètre observé.

La préparation était effectuée par dépôt sur film de collodion (épaisseur : environ 100 Å) d'une goutte de liquide tenant en suspension le métal dispersé; cette dispersion était obtenue par l'un des procédés suivants :

1° Pulvérisation mécanique suivie de lévigation, dans un liquide déterminé;

2° Solution colloïdale d'après la méthode de Bredig;

3° Déplacement d'une solution saline du métal, lavage et dispersion mécanique dans un liquide déterminé.

Les résultats obtenus mettent en évidence les faits suivants :

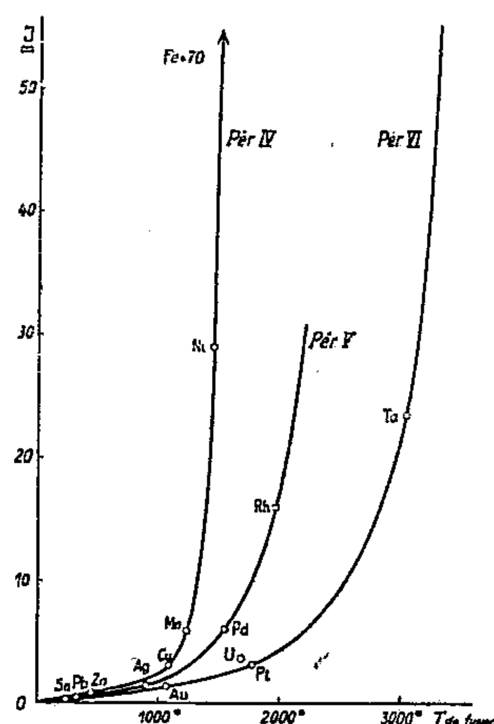
1° A égalité de flux électronique, la température atteinte par le grain de métal est d'autant plus élevée que celui-ci est plus gros (dans les limites observables avec notre grossissement).

2° Pour les éléments appartenant à une même période, la température atteinte croît d'abord très rapidement lorsque I augmente, puis tend très vite vers une limite; la forme de cette courbe pourrait indiquer, qu'à partir d'une certaine température, l'énergie perdue par rayonnement devient considérable (en accord avec la loi de Stefan); toutes choses égales par ailleurs, les petits grains doivent donc perdre par rayonnement une quantité d'énergie plus grande que les gros grains; d'où une influence importante de la grosseur du grain pour les hautes températures (Ni, Fe, Rh, Ta, W). Les courbes reproduites ci-après correspondent à une grosseur de grains de $0^{\mu},35$ environ.

3° Mais, le flux électronique nécessaire pour atteindre une température déterminée est d'autant plus petit que la densité de l'élément est plus élevée; l'importance de ce facteur paraît considérable. La superposition de la périodicité des températures de fusion et des densités explique la forme des courbes.

4° Dans la pratique courante de nos observations et photographies au microscope électronique, I varie entre les valeurs 0,5 et 5; dans ces conditions, la température atteinte par l'or et le platine dépasse parfois leur point de fusion; et il faut prendre des précautions particulières pour observer le plomb et l'étain au-dessous de leur température de fusion. La fusion du zinc conduit de plus à sa volatilisation dans le vide. Que devient la pellicule de collodion

du porte-objet au contact du grain porté à haute température? Konig (¹) signale avoir observé sa transformation en graphite; c'est la première hypothèse que nous avions adoptée, mais la souplesse et la résistance de cette pellicule au voisinage immédiat du grain (souplesse que l'on observe lorsqu'une déchirure se produit, suivie d'un repliement de la pellicule) nous semblent bien grandes pour un squelette graphitique?



Quoi qu'il en soit, ces résultats mettent en évidence l'importance de l'agitation thermique provoquée par l'impact électronique, dans le cas des éléments métalliques moyens et lourds; ils attirent l'attention sur les précautions à prendre lors des examens au microscope électronique et leur interprétation.

OPTIQUE. — *Étude des couches monomoléculaires par contraste de phase.* Note (*) de MM. **Maurice Françon**, **Raymond Genty** et **Félix Taboury**, présentée par M. Jean Cabannes.

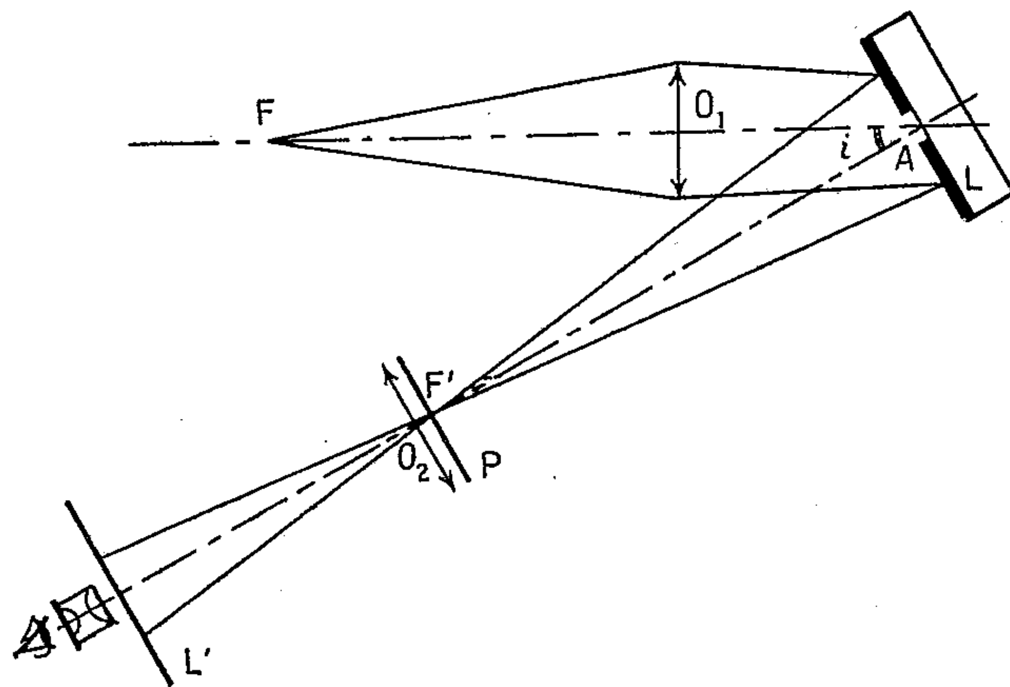
On observe et l'on mesure par contraste de phase l'épaisseur de couches très minces, telles que les couches monomoléculaires. En opérant par réflexion, les résultats sont obtenus par une simple mesure photométrique. On étudie ainsi des couches obtenues par prélèvement sur lame de verre, par vaporisation dans le vide, et par formation de corps mésomorphes à l'état smectique.

Grâce à sa haute sensibilité, la méthode du contraste de phase trouve une application intéressante dans l'étude des couches monomoléculaires. On sait qu'il est possible de déposer une couche monomoléculaire d'acide gras sur une lame de verre parfaitement propre. Pour cela on constitue, par les méthodes habituelles, sur une surface d'eau distillée à pH légèrement acide

(¹) *Congrès de microscopie électronique de Mosbach*, 1949.

(*) Séance du 31 mai 1950.

une couche monomoléculaire d'un acide gras pur tel que l'acide stéarique. On immerge la lame de verre préalablement recouverte d'un cache très étroit par rapport à sa longueur. En retirant la lame, celle-ci se recouvre d'une couche monomoléculaire d'acide stéarique, sauf sur une petite bande A longue et très étroite correspondant au cache. On observe la lame au contraste de phase par réflexion en utilisant le montage suivant : un faisceau lumineux issu d'une source F formée par une fente parallèle à la longueur de A traverse un



objectif O_1 et se réfléchit sur la lame de verre L. On place la lame de phase P sur l'image F' de la source F. Un deuxième objectif O_2 placé derrière P donne en L' une image de la lame de verre L. Les rayons lumineux qui se réfléchissent sur la couche accomplissent un trajet moins long que ceux réfléchis en A sur le verre. Si e est l'épaisseur de la couche monomoléculaire, i son inclinaison dans le montage utilisé, la différence de marche est

$$\delta = 2e\cos i.$$

Soient d la densité de la lame de phase et k la proportion de lumière diffractée par A qui parvient à l'image. On voit l'image de A se détacher sur le reste du champ avec un contraste γ donné par

$$\gamma = \frac{8\pi e\cos i}{\lambda}\,10^{\frac{d}{2}}\sqrt{k}.$$

Il suffit donc de mesurer γ par une méthode photométrique, la méthode de M. B. Lyot ([1]) par exemple, pour avoir e. On peut détecter facilement des contrastes de l'ordre de 0,10; dans ces conditions en employant une lame de phase fortement absorbante ($d = 3$) on peut mesurer en principe des différences

([1]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 765-68.

de marche de 2 Å. Ceci suppose naturellement que le support en verre a reçu un poli spécial. Pour que la méthode soit applicable, il est nécessaire que la largeur de la bande A soit petite par rapport à la largeur de la pupille. La lumière diffractée par la bande A se sépare alors nettement dans le plan P, de la lumière diffractée par toute la pupille. La lame de phase peut agir sur l'un des phénomènes sans modifier l'autre, ce qui est essentiel. Les expériences ont porté sur l'acide stéarique et les mesures photométriques ont donné une épaisseur de 24 Å. Nous avons refait les mesures en vaporisant sur toute la lame L une couche mince uniforme d'aluminium et nous avons obtenu le même résultat numérique à la précision près des mesures photométriques.

L'expérience peut être répétée sur une couche obtenue par vaporisation dans le vide. Il n'y a pas de difficulté si le support est métallique et si l'on vaporise sur l'ensemble une deuxième couche métallique. Si le support est en verre, on ne peut avoir des molécules orientées qu'à la condition d'envoyer, pendant la vaporisation, un bombardement électronique secondaire rasant la surface suivant la méthode indiquée par M. Trillat. Enfin une troisième méthode consiste à utiliser un corps mésomorphe à l'état smectique comme l'oléate d'ammonium. On observe au microscope à contraste de phase une goutte de ce corps en suspension sur un trou percé dans un écran métallique. La surface de la goutte est formée d'une série de gradins à surface plane empilés les uns sur les autres. Les dénivellations des gradins s'observent comme précédemment.

OPTIQUE. — *Intégrateur optique permettant le calcul des répartitions des intensités lumineuses dans l'image d'un objet étendu.* Note (*) de M. **Michel Cagnet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude d'un appareil permettant le calcul rapide des répartitions des intensités lumineuses dans l'image d'un objet étendu donné par un instrument aberrant ou non connaissant les répartitions dans l'image d'un point lumineux.

Un système optique centré S donne d'un objet situé dans un plan perpendiculaire à l'axe de révolution du système S une image A′ située dans un plan P′ que l'on peut rapporter à deux axes de coordonnées $o'x'$, $o'y'$. Si l'objet se réduit à un point, la répartition des intensités lumineuses dans le plan P′ est connue, c'est une fonction $i(x', y')$ qui dépend des caractéristiques géométriques du système S et de ses aberrations. Pour des sources monochromatiques, il existe des tables de certaines de ces fonctions, mais toutes peuvent être calculées à l'aide de l'intégrateur Maréchal [1].

Dans le cas d'une source en lumière blanche, la fonction $i(x', y')$ peut être

(*) Séance du 31 mai 1950.

[1] *Thèse*, Paris, 1948.

calculée à l'aide des tables précédentes suivant un procédé de calcul indiqué par Charles Lapique ([2]).

Si l'objet A est un objet étendu de brillance uniforme, objet clair sur fond sombre, pour avoir l'intensité lumineuse $I(x', y')$ en un point quelconque du plan image défini par ses coordonnées (x', y'), il suffit de poser en ce point le solide de diffraction relatif à l'ouverture image de l'instrument et l'intensité cherchée est proportionnelle au volume du solide de diffraction qui se projette suivant la surface (C) des parties claires de l'image géométrique de l'objet ([3])

$$I(x', y') = \iint_{(C)} i(x', y')\,dx'\,dy'.$$

Cette intégrale n'est calculable que par des moyens graphiques que nous chercherons à remplacer par des mesures optiques plus simples et beaucoup plus rapides.

Principe de l'intégrateur. — Une méthode, mise au point par Van Heel ([4]), permet de réaliser un objet où la répartition des intensités lumineuses soit $i(x', y')$. Pour calculer l'intégrale précédente, il suffira de placer devant la répartition $i(x', y')$ un écran opaque dans lequel on aura découpé un contour épousant la forme des parties claires de l'image A', et de mesurer le flux lumineux qui traverse le diaphragme précédent.

Notre appareil ne permettra d'effectuer le calcul que pour des courbes $i(x', y')$ de révolution autour de l'origine.

Réalisation de l'intégrateur. — L'objet de répartition $i(x', y')$ sera obtenu en faisant tourner devant une plage d'éclairement uniforme un écran opaque dans lequel a été découpé un diaphragme représentant la surface comprise entre la courbe en représentation polaire, $W = f(\theta)$ et l'axe $\theta = 0$ où W désigne la variable habituelle de la diffraction $W = \pi D x'/\lambda f$ et $\theta = i(x', y' = 0)$ en prenant 2π comme unité pour θ. La rotation de cet écran s'effectue autour d'un axe perpendiculaire à son plan et passant par l'origine de la courbe $W = f(\theta)$.

La plage uniforme est obtenue à l'aide d'un condenseur à relais, le système photométrique est un système à faisceau de comparaison, avec un coin photométrique comme instrument de mesure. Le repère est un galvanomètre qui, associé à une cellule située dans une sphère intégrante, garde une déviation constante.

Cet appareil peut fournir les répartitions des intensités dans l'image d'un objet plan de forme quelconque donnée par un système optique parfait ou

---

([2]) *Thèse*, Paris, 1938.

([3]) André, *Thèse*, Paris, 1876.

([4]) *La théorie des images optiques*, Paris, 1949.

entaché d'aberration sphérique, de chromatisme, de défaut de mise au point et de lumière parasite.

L'objet peut être éclairé en lumière monochromatique ou par une source de répartition spectrale quelconque. Il est possible de tenir compte également de la courbe de sensibilité spectrale du récepteur associé à l'instrument étudié.

Un montage de laboratoire a été réalisé. Nous avons tracé les répartitions dans l'image d'un contour rectiligne noir sur fond clair et avons comparé aux résultats ceux calculés par H. Struve.

Résultats.	Calculés.	Mesurés.
$W = -\infty$	1	1
$W = -3,83$	0,945	0,95
$W = 0$	0,5	0,49
$W = 3,83$	0,055	0,03

PHOSPHORESCENCE. — *Comportement des pièges à électrons dans les phénomènes d'électrophotoluminescence.* Note (*) de MM. **Joseph Mattler** et **Daniel Curie**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de l'illumination fugace produite quand un champ électrique agit sur un sulfure phosphorescent un temps variable après l'excitation, renseigne sur les profondeurs des pièges vidés par ce champ. D'autre part, l'étude d'une deuxième surillumination produite un temps variable après la première met en évidence le phénomène de repiégeage.

Essais en excitation X, UV et α.

L'illumination fugace observée quand on soumet un sulfure phosphorescent préalablement excité à l'action d'un champ électrique s'explique en admettant que le champ vide les pièges de profondeur inférieure à une certaine valeur. G. Destriau a montré déjà que la somme de lumière S_1 libérée quand on produit l'illumination un temps t après l'excitation décroît quand t augmente, mais son déclin est plus lent que le déclin naturel de l'intensité de phosphorescence I; il a aussi indiqué qu'on peut produire, un temps θ après la première surillumination S_1, une seconde S_2 dont la valeur passe par un maximum avec θ.

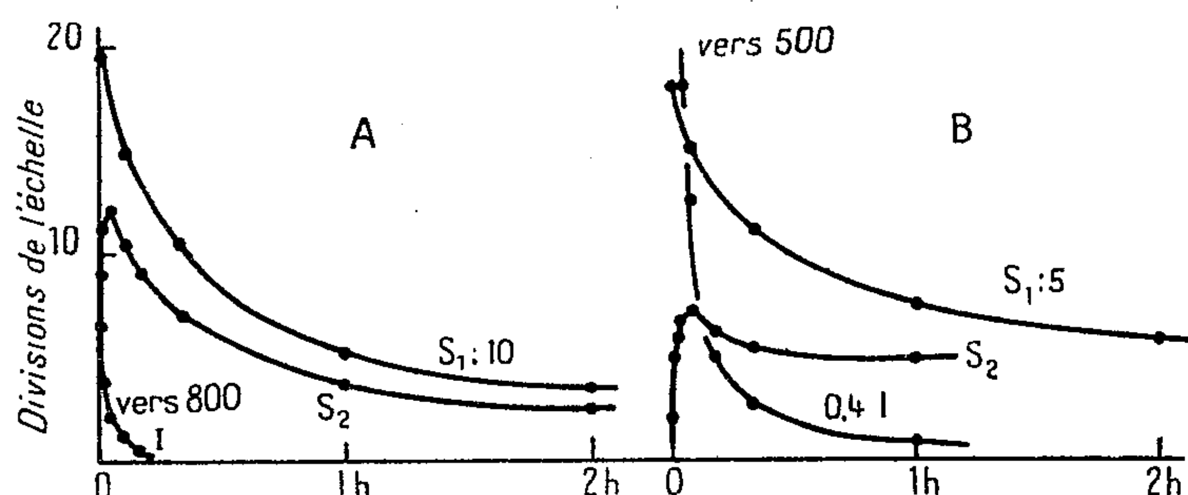
Nous avons repris et développé ces essais dans des conditions plus précises, utilisant une pile photoélectrique et un galvanomètre très sensible qui, lors de l'illumination fugace, fonctionnait en balistique, donnant les S. On appliquait à la cellule électrophotoluminescente un champ alternatif (50 p/sec) de 30 000 V efficaces/cm, assez faible pour ne pas produire l'effet d'électroluminescence pure.

Excitation aux rayons X. — L'excitation X permet de répéter facilement les

(*) Séance du 22 mai 1950.

essais dans des conditions identiques; l'excitation U. V. a d'ailleurs donné des résultats analogues.

La figure donne, pour deux ZnS(Cu) : le déclin de I et de S_1 en fonction de t; S_2 en fonction du temps θ écoulé depuis une première surillumination toujours effectuée dans les mêmes conditions.



On retrouve bien que S_1 décroît avec t beaucoup plus lentement que I et que S_2 croît très rapidement pour les faibles valeurs de θ, atteint déjà une valeur maximum pour $\theta = 2$ minutes (A) et 5 minutes (B), et décroît ensuite. On ne saurait affirmer toutefois que S_2 parte rigoureusement de zéro.

Le sulfure B est à persistance plus grande que A, la décroissance de S_1 est plus lente et le maximum de S_2 atteint plus tard.

Interprétation. — Le champ électrique h vide les pièges de profondeur E inférieure à $E_m = eha$, a projection du libre parcours des électrons sur la direction du champ. S_1 doit varier comme la somme de lumière incluse dans ces pièges, c'est-à-dire plus lentement que I, mais plus vite que la somme de lumière totale correspondant au déclin naturel.

Si après S_1 on effectue S_2 pour $\theta = 0$, on observe une surillumination nulle ou très faible; donc le champ a vidé ces pièges (il n'en était pas ainsi dans les expériences de Gudden et Pohl qui employaient un champ constant introduisant des effets de polarisation). Si l'on attend un temps suffisant θ, les pièges se remplissent à nouveau partiellement, indice de *repiégeage* à partir des pièges les plus profonds, non vidés par le champ, vers les pièges vidés. On peut alors produire une deuxième surillumination S_2 notable. Si l'on attend un temps θ de l'ordre de la vie τ_m correspondant à E_m, l'équilibre de régime entre les pièges E_m et les pièges moins profonds a eu le temps de s'établir, S_1 et S_2 tendent à décroître parallèlement.

L'allure de S_2 est celle du nombre d'électrons dans les pièges (a) de vie $\leqq 1$ minute remplis par ceux (b) de vie $\geqq 1$ heure; le champ vide donc les premiers et ne vide pas, du moins pas totalement, les seconds. L'allure de S_1 montre que les pièges (b) sont vidés partiellement par le champ [S_1 étant décuple de S_2, il ne peut s'agir ici d'un équilibre des (a) avec les (b) qui ne

seraient pas touchés]. Ainsi, la proportion des pièges vidés par le champ, qui dépend de sa durée d'action, ne tombe pas brusquement à zéro quand E croît, elle descend progressivement entre $E = 0,6$ eV (vie $\sim$ 1 minute) et 0,75 eV (vie $\sim$ 3 heures). a serait de l'ordre de 2.10^{-5} cm.

Enfin la différence d'allure entre S_2 pour les deux sulfures A et B doit tenir à ce que la distribution des pièges de B présente un maximum très aigu pour la vie 1 minute environ, comme le montre la décomposition en exponentielles de sa courbe de déclin.

Excitation aux α. — On s'est limité au sulfure A. Sous les α (Po, 9000 u.e.s.), le sulfure était très lumineux; il persistait après fin de l'irradiation une phosphorescence visible pendant environ une minute, dont l'intensité initiale était environ 2 % de l'intensité sous les $\alpha . S_1$, mesurée par le dispositif précédent, décroissait au début avec la même allure, puis nettement moins vite qu'avec excitation X. L'excitation α semble donc mettre en jeu relativement plus de pièges profonds.

Pour la deuxième surillumination nous avons dû utiliser un photomultiplicateur relié à un préampli et un oscillographe. On a sur l'écran une bande lumineuse dont la largeur permet une évaluation grossière de *l'intensité* de lumière maximum. Elle croît à partir de zéro et atteint son maximum vers $\theta = 10$ minutes; la baisse n'est pas encore amorcée pour $\theta = 1$ heure. Ceci indique la recapture à partir des pièges profonds vers ceux de vie de l'ordre de la minute.

Si l'on applique le champ pendant l'irradiation, la luminosité des scintillations n'est pas sensiblement augmentée. On n'a donc pas là un moyen d'accroître la sensibilité des compteurs à scintillations.

PROPAGATION DES RAYONS γ. — *Sur la diffusion des rayons γ dans l'eau. Étude expérimentale.* Note (*) de M. **Paul Maignan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Comme suite à une précédente étude théorique, nous avons étudié la propagation des rayons γ dans l'eau. Ce milieu a été adopté pour son homogénéité, et parce que l'effet photoélectrique y est pratiquement négligeable pour des photons de 2 MeV. Les mesures ont été effectuées dans une cuve de $1^m \times 1^m \times 3^m$.

Les sources radioactives utilisées ont été deux sources de radiothorium de 1 et 20 millicuries. Le radiothorium en équilibre avec ses descendants émet un rayonnement γ pénétrant de 2,62 MeV, et un rayonnement complexe de quelques dixièmes de MeV, 0,60 en moyenne, transportant 30 % environ de l'énergie γ totale. Ce rayonnement complexe est absorbé plus rapidement

(*) Séance du 5 juin 1950.

que le rayonnement de 2,62 MeV. Un calcul approximatif montre qu'il ne représente plus que 5 à 6 % du rayonnement total après avoir traversé 50^{cm} d'eau, 1 à 2 % à 80^{cm}, et qu'au delà on peut le négliger. On est donc pratiquement ramené au cas d'une émission monochromatique.

Le calcul théorique donne, pour l'intensité globale et le spectre de ce rayonnement monochromatique, des résultats condensés dans le tableau suivant (I désigne le flux total d'énergie en $\gamma/2$ à travers la sphère de rayon r, N_0 le nombre de photons émis par la source. Le calcul porte sur les sept premiers ordres de photons).

$E\left(\frac{\gamma}{2}\right)$.	50^{cm}.	80^{cm}.	100^{cm}.	120^{cm}.	150^{cm}.	200^{cm}.	300^{cm}.
1....	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
2....	1,62	1,74	1,78	1,79	1,81	1,82	1,85
3....	0,94	1,02	1,05	1,07	1,10	1,16	1,22
4....	0,65	0,72	0,74	0,75	0,77	0,82	0,85
5....	0,50	0,55	0,56	0,57	0,58	0,62	0,64
6....	0,39	0,42	0,44	0,45	0,46	0,49	0,52
7....	0,33	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,42
$\frac{I}{I_0}$....	0,278	0,111	0,056	0,027	0,0089	0,0013	$0,27.10^{-3}$

I/I_0 représente le coefficient de transmission en énergie. On a

$$I_0 = E_1 N_0.$$

Le rayonnement a été mesuré au moyen d'un compteur G.-M. à parois de cuivre de $1^{mm},5$ d'épaisseur. L'efficience d'un compteur de ce type est proportionnelle à 10 % près à l'énergie des photons. Afin d'avoir une meilleure précision, nous avons pris pour base la courbe d'efficience obtenue par MM. Faust et Johnson ([1]) pour un compteur à parois de cuivre de $0^{mm},8$ d'épaisseur, et nous l'avons légèrement modifié par le calcul pour tenir compte de la différence d'épaisseur. Nous avons ainsi obtenu une courbe relative. Pour avoir la courbe absolue, nous avons mesuré l'efficience de notre compteur pour le rayonnement de 2,62 MeV du radio-thorium. Une mesure a d'abord été faite dans l'air en adoptant la valeur de 70,5 % donnée par Van Droste pour la contribution de ce rayonnement aux coups enregistrés avec un compteur usuel à γ, mais cette valeur est valable pour le thorium B et doit être un peu plus faible pour le radiothorium; de plus il est impossible d'éviter la diffusion des parois voisines. La valeur obtenue pour l'efficience doit donc certainement être trop élevée. Une seconde mesure a été faite, en établissant la coïncidence entre le résultat calculé et le résultat expérimental à travers 50^{cm} d'eau. Cette distance est assez faible (coefficient de transmission 0,278) pour qu'on puisse admettre que les calculs théoriques sont valables, mais

([1]) *Physical Review*, 1949.

assez grande pour éliminer la plus grande partie du rayonnement complexe, et totalement le rayonnement γ très mou des émetteurs α, principal responsable de l'erreur. On a trouvé ainsi un coefficient de 8 % plus faible, 0,98 % au lieu de 1,06 %, et l'on a adopté ce coefficient.

L'évaluation de la distance source-détecteur a été faite en prenant la distance source-axe du compteur plus 1^{cm}. Cette correction dérive d'un calcul où il est tenu compte du rayon du compteur $1^{cm},25$ et de sa section circulaire.

Enfin, par suite de la faible longueur active du compteur ($= 3^{cm},5$) pour $2^{cm},5$ de diamètre, par suite également de la faible contribution du rayonnement diffusé latéralement, on peut attribuer au compteur, au point de vue de l'efficience, une géométrie quasi sphérique.

Voici le tableau comparatif des résultats calculés et des résultats expérimentaux. Ces résultats sont ramenés à 1 millicurie et à une efficience de 1,10 % pour $(\gamma/2) = 2,57$.

Distance (cm).	Coups par seconde calculés.	Coups par seconde trouvés.	Distance (cm).	Coups par seconde calculés.	Coups par seconde trouvés.
50......	11,38	11,38	130......	$1,03.10^{-1}$	$1,03.10^{-1}$
60......	5,80	5,92	140......	$6,10.10^{-2}$	$6,06.10^{-2}$
70......	3,10	3,21	150......	3,72 »	3,67 »
80......	1,66	1,67	160......	2,30 »	2,19 »
90......	$9,15.10^{-1}$	$9,04.10^{-1}$	170......	1,40 »	1,32 »
100......	5,25 »	5,09 »	180......	$8,20.10^{-3}$	$7,85.10^{-3}$
110......	3,05 »	2,95 »	190......	5,05 »	5,16 »
120......	1,78 »	1,72 »	200......	3,05 »	2,85 »

Conclusion. — Dans le cadre des approximations utilisées, la concordance entre le résultat calculé et le résultat trouvé est satisfaisante. Des expériences sont en cours afin de vérifier approximativement, au moyen d'écrans, le spectre trouvé.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Corrélation angulaire α-γ.*

Note de (*) M. **Jacques Thirion**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Un calcul de corrélation angulaire α-γ a déjà été effectué dans le cas de la réaction nucléaire $^{10}B\ (n\alpha)\ ^{7}Li$ (1).

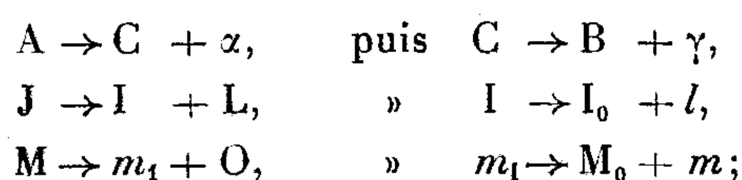
(*) Séance du 5 juin 1950.

(1) S. Devons, *Proc. Phys. Soc.*, 62, 1949, p. 580. Les expériences de B. Rose et R. W. Wilson (*Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 68), sur la corrélation α-γ de $^{10}B\ (n\alpha)\ ^{7}Li$ donnent une corrélation $-0,9 \pm 1,2$ %. B. T. Feld, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1918.

Le calcul ci-dessous concerne le cas général de corrélation angulaire α-γ et est facilement généralisable à d'autres réactions nucléaires, ou au cas où l'on observe, au lieu de γ, des électrons de conversion interne.

Le noyau A initial est radioactif α. Son spin J a la projection M sur l'axe de référence qui est choisi comme étant *celui de l'observation* α. M est évidemment quelconque entre $-$J et $+$J avec une égale probabilité pour chaque valeur.

La particule α est émise dans la direction Oz avec un moment angulaire L, dont la projection est O. On a le schéma



$$\begin{array}{llll} A \to C + \alpha, & \text{puis} & C \to B + \gamma, \\ J \to I + L, & » & I \to I_0 + l, \\ M \to m_1 + O, & » & m_1 \to M_0 + m; \end{array}$$

J, I, I_0, L étant supposés connus, il s'agit de calculer la probabilité d'émission γ à un angle θ si la particule α a été détectée suivant Oz.

Premier stade : $\psi^J_M(A) \to \psi^I_{m_1}(C)\psi^L_0(\alpha)$ (on a $m_1 = M$). — Les fonctions ψ représentant les états des noyaux peuvent s'envisager sous la forme d'un produit d'une fonction décrivant l'état interne et d'une fonction décrivant la propriété angulaire.

Les $2J+1$ fonctions $\varphi^J_M(A)$ [parties spatiales de $\psi^J_M(A)$] sont les vecteurs de base de la représentation D_J du groupe des rotations. Les $(2I+1)(2L+1)$ fonctions $\varphi^I_{m_1}(C)\varphi^L_{m_L}(\alpha)$ sont les vecteurs de base de la représentation $D_I \times D_L$ du même groupe. Si l'on envisage les φ^J dans la représentation $D_{I+L-\lambda}$ (où $\lambda = I+L-J$), les φ^J_M se transforment comme $\sum\limits_{m_1+m_L=M} \rho^J C^J_{m_1 m_L}\varphi^I_{m_1}\varphi^L_{m_L}$ où C est un coefficient des séries de Clebsch Gordan [2].

Par conséquent, la probabilité de transition : $|\psi^J_M(A), \psi^I_M(C)\psi^L_0(\alpha)|^2$ contiendra le facteur spatial : $(C^J_{M,0})^2$ avec

$$C^J_{M,0} = \sum_\nu (-1)^\nu \frac{L!\,[(I+M)!\,(I-M)!\,(J+M)!\,(J-M)!]^{\frac{1}{2}}}{(I-M-\nu)!\,(J-L+M+\nu)!\,(L-\nu)!\,(J-I+\nu)!\,\nu!\,(\lambda-\nu)!}.$$

La partie ψ^L_0 est à prendre pour $\theta = 0$ et est une constante. Il reste donc essentiellement, au point de vue spatial :

$$C^J_{M,0}\varphi^I_M(C).$$

Deuxième stade, $C \to B + \gamma$. — En envisageant seulement les parties spatiales de fonctions d'onde, on a à étudier la transition

$$\varphi^I_M(C) \to \varphi^{I_0}_{M_0}(B) \times \varphi^l_m(\gamma),$$

où $m = M - M_0$ et l donne l'ordre multipolaire de l'émission γ. Les fonctions

---

(2) V. D. WAERDEN, *Gruppentheoretische methode in der Quantenmechanik*, p. 69.

$|\varphi_m^2|^2$ sont connues ([3]),

$$\text{Émission dipolaire}\ldots\ldots\ldots\ldots \left\{ \begin{array}{l} |\varphi_0^1|^2 = 3(1-\cos^2\theta). \\ |\varphi_{\pm 1}^1|^2 = \frac{3}{2}(1+\cos^2\theta), \end{array} \right.$$

$$\text{Émission quadripolaire}\ldots\ldots\ldots \left\{ \begin{array}{l} |\varphi_0^2|^2 = \frac{5}{2}(6\cos^2\theta - 6\cos^4\theta), \\ |\varphi_{\pm 1}^2|^2 = \frac{5}{2}(1 - 3\cos^2\theta + 4\cos^4\theta), \\ |\varphi_{\pm 2}^2|^2 = \frac{5}{2}(1-\cos^4\theta). \end{array} \right.$$

Comme dans le cas précédent, et par le même raisonnement, il faut introduire les coefficients $K_{M_0,m}^I$ analogues aux coefficients $C_{m_1 m_L}^J$:

$$[\varphi_M^I, \varphi^{I_0}\varphi^l] = \rho^I \sum_m K_{M_0,m}^I \varphi_{M_0}^{I_0} \varphi_m^l, \qquad \text{avec} \quad (M_0 = M - m).$$

Finalement, la distribution $f(\theta)$ des γ associés aux α émis suivant Oz sera la moyenne correspondant aux orientations initiales possibles (M divers).

$$f(\theta) = \text{const.} \sum_{M=-J}^{+J} (C_{M,0}^J)^2 \sum_I \sum_m |K_{M_0,m}^I \varphi_m^l|^2.$$

RAYONS COSMIQUES. — *La distribution zénithale des particules pénétrantes du rayonnement cosmique comprises dans une bande de faible énergie.* Note de MM. **Anatole Rogozinski** et **André Voisin**, transmise par M. Alexandre Dauvillier.

La distribution étudiée suit une loi empirique en $1 - a\sin^b\theta (a \simeq 1;\ b \simeq 1,4)$. Aux grands angles zénithaux θ, elle est plus isotrope que ne le laisserait prévoir la loi de la distribution zénithale du spectre intégral. Des mesures préliminaires semblent indiquer l'existence de particules pénétrantes rétrogrades, ($\theta > 90°$), provenant vraisemblablement d'explosions nucléaires.

Méthode. — La méthode et l'appareillage utilisés ont déjà été décrits dans une Note antérieure ([1]). Rappelons que la sélection d'une bande spectrale dans le spectre intégral de la composante pénétrante étudiée a été obtenue par une méthode d'absorption différentielle ([2]). Celle-ci consiste à dénombrer les particules non gerbigènes, contenues dans un faisceau défini par un télescope à compteurs, lesquelles, après avoir traversé un écran P, sont arrêtées dans un écran additionnel (différentiel) Q. Les épaisseurs de P et de Q déterminent respectivement la position de la bande dans le spectre intégral et sa largeur.

D'autre part, grâce à un circuit à groupe maître ([3]) à coïncidences multiples,

---

([3]) W. Heitler, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 32, 1936, p. 112.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1092.

([2]) A. Rogozinski et M. Lesage, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1027.

([3]) A. Rogozinski, *Thèse*, Paris, 1945.

on a pu enregistrer *simultanément* les fréquences des particules ayant traversé : 1° au moins P (coïncidences ABC); 2° P + Q (coïncidences ABCD) et, de plus, 3° la fréquence des particules accompagnées d'une gerbe (coïncidences ABCG). On en a déduit, pour chaque angle au zénith θ, les anti-coïncidences ABC — (D + G) donnant la fréquence cherchée $\Delta I(\theta)$ des particules non gerbigènes arrêtées dans l'écran différentiel Q et comprises dans une bande d'énergie bien définie ; les anti-coïncidences ABC — G donnent la fréquence $I(\theta)$ du spectre intégral.

Conditions expérimentales. — Les mesures ont été effectuées à Meudon (altitude 148^m) et au pic du Midi (altitude 2870^m), pour $P = 14^{cm}$ Pb et $Q = 8^{cm}$ Pb.

Les angles au zénith θ étudiés étaient de 0°, 15°, 30°, 45°, 60° et 73° Est à Meudon et de 0°, 30°, 60° et 73° Est au Pic du Midi.

Si l'on admet que toutes les particules qui appartiennent à la bande spectrale définie par les valeurs de P et de Q utilisées sont des mésons μ, leurs impulsions s'étendent, conformément aux courbes (de Princeton) du parcours en fonction de l'impulsion, de 300 à 410 MeV/c environ.

Résultats et discussion. — Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau, où les fréquences $\Delta I(\theta)$ et $I(\theta)$ sont exprimées en nombre de coïncidences par heure. Les valeurs de $\Delta I(\theta)$ sont corrigées pour l'effet barométrique et pour l'effet résiduel qui subsiste en l'absence de l'écran Q. $r = [\Delta I(\theta)/\Delta I(0)]$ et $R = [I(\theta)/I(0)]$.

Contrairement au cas du spectre *intégral*, qui peut être représenté aux deux altitudes ([1]) par la relation $I(\theta) = I(0)\cos^{2,2}\theta$, on ne trouve rien d'aussi simple pour la *bande* spectrale étudiée. Il est, en effet, impossible de faire passer par les points de la courbe de $\log r$ en fonction de $\log\cos\theta$ une ligne droite, même si l'on tient compte des flèches qui traduisent les erreurs expérimentales. On constate, en particulier, que le rapport $\log r/\log\cos\theta$ décroît de 4,5 à 1,8 environ, lorsque θ augmente de 15 à 73°. Par contre, les points qui représentent $\log[1-r(\theta)]$ en fonction de $\log\sin\theta$ se placent remarquablement bien sur une ligne droite. On obtient ainsi la loi purement empirique

$$r(\theta) = \frac{\Delta I(\theta)}{\Delta I(0)} = 1 - a\sin^b\theta,$$

où a et b sont des constantes, ayant les valeurs suivantes :

Meudon, $a = 0,95 \pm 0,02$, $b = 1,40 \pm 0,20$; Pic du Midi, $a = 0,97 \pm 0,02$, $b = 1,30 \pm 0,20$.

On peut montrer moyennant des hypothèses simples que la distribution zénithale en $\cos^\lambda\theta$ de $I(\theta)$ est compatible avec une loi en $E^{-\lambda}$ du spectre intégral du rayonnement primaire, en fonction de l'énergie E des particules dont il se compose. L'une des conséquences d'une telle loi est que la distribution

([1]) A. Voisin, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1396.

zénithale $\Delta I(\theta)$ d'une bande spectrale étroite devrait varier, en première approximation, comme $\cos^{\lambda+1}\theta$ et que le rapport $r/R = [\Delta I(\theta)/\Delta I(0)]/[I(\theta)/I(0)]$ des fréquences relatives des deux distributions $\Delta I(\theta)$ et $I(\theta)$ devrait diminuer comme $\cos\theta$ pour des angles au zénith croissants.

Or, le rapport trouvé (*voir* tableau) diffère, en somme, peu de l'unité pour tout le domaine zénithal exploré, et ce fait suggère que certains phénomènes dont l'influence se fait sentir plus particulièrement *aux grands angles au zénith* rendent la distribution $\Delta I(\theta)$ de la bande spectrale étudiée, qui comprend, rappelons-le, des particules pénétrantes d'énergie modérée, plus isotrope qu'une distribution en $\cos^{\lambda+1}\theta (\lambda = 2,2)$. Une conclusion analogue se dégage également de la décroissance marquée du rapport $\log r/\log\cos\theta$ avec des angles zénithaux croissants. On notera que l'effet décrit est moins accentué en haute qu'en basse altitude, où le support r/R atteint même la valeur de 1,5 pour $\theta = 73°$.

	θ	0°.	15°.	30°.	45°.	60°.	73.°
Meudon.	ΔI(Θ)..	3,63±0,10	3,10±0,16	2,30±0,10	1,53±0,08	0,82±0,05	0,38±0,04
	I(Θ)...	143,3 ±0,6	134,9 ±1,0	104,5 ±0,6	74,6 ±0,6	32,8 ±0,3	10,0 ±0,14
	r/R....	1,00	0,91	0,87	0,81	0,99	1,5
Pic du Midi.	ΔI(Θ)...	10,1 ±0,4	–	5,92±0,45	–	1,78±0,13	0,73±0,07
	I(Θ)...	224,8 ±2,1	–	159,0 ±0,84	–	48,9 ±0,9	20,4 ±0,5
	r/R....	1,00	–	0,84	–	0,82	0,81

Les phénomènes qui peuvent contribuer à cet effet d'isotropie sont, entre autres : la dispersion (scattering) des particules le long de leur trajectoire dans l'atmosphère, la décomposition en vol des mésons lourds donnant naissance à des mésons de masse plus faible et les explosions nucléaires accompagnées d'une émission de mésons.

Par ailleurs, ces mêmes phénomènes, surtout le dernier, devraient donner lieu, dans la distribution de $\Delta I(\theta)$, à une composante rétrograde ($\theta > 90°$) non négligeable dont l'existence semble être confirmée par quelques mesures préliminaires effectuées dans le but d'étudier le rayonnement rétrograde.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés diélectriques des oxydes d'uranium* UO_2, U_3O_8, UO_3. Note (*) de Mme **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

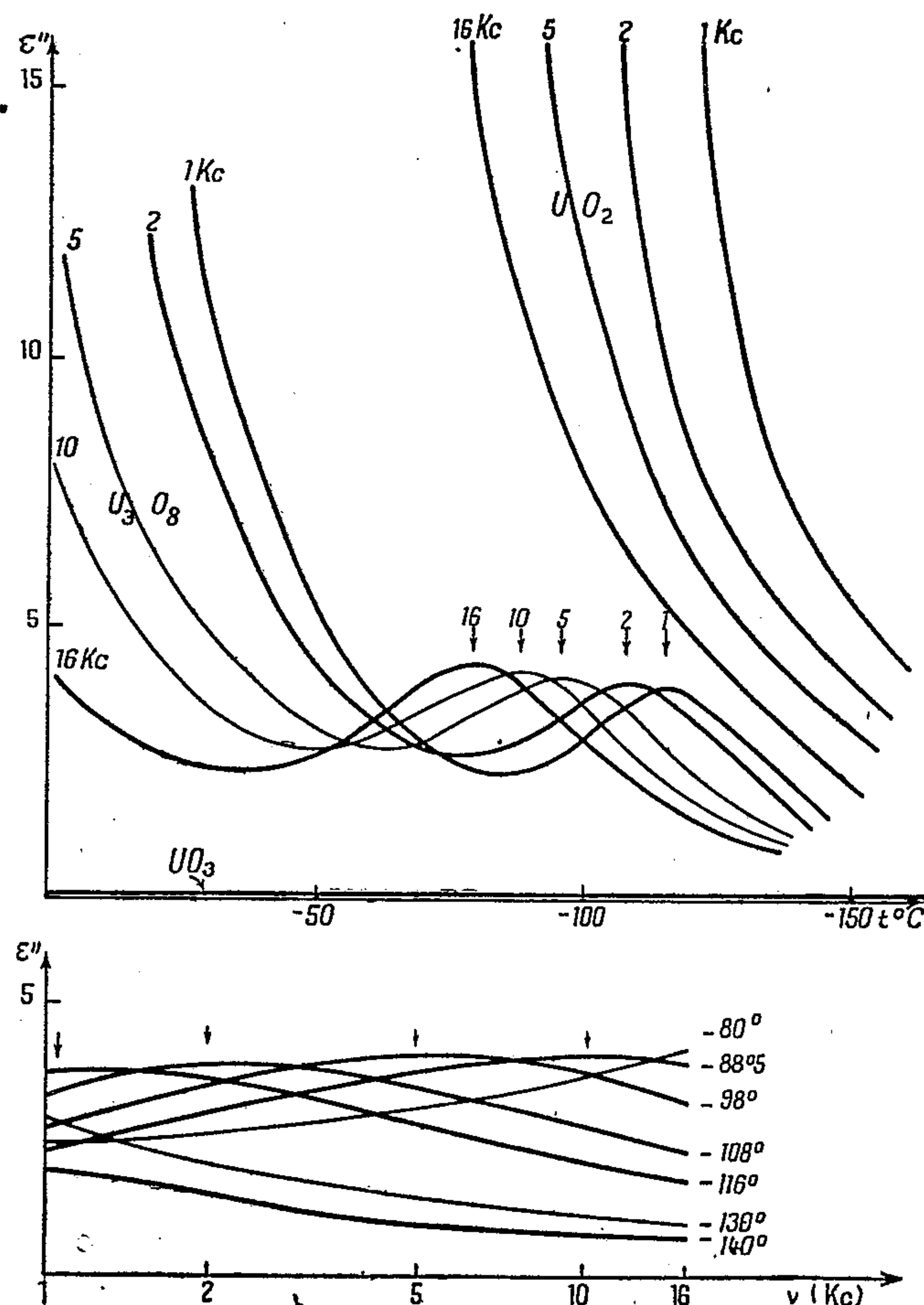
Une Note précédente [1] a signalé l'existence, aux basses températures, d'une anomalie de l'absorption basse fréquence d'oxydes d'uranium ; les échantillons que nous avions étudiés renfermaient une majorité de UO_2 et une petite quantité de l'oxyde désigné générale-

(*) Séance du 22 mai 1950.

(1) J. Day, Mme M. Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1013.

ment par U_3O_8. Nous avons étudié depuis des échantillons préparés par le Service de Chimie du Commissariat à l'Énergie Atomique, échantillons qui correspondent sensiblement aux formules UO_2, U_3O_8 et UO_3.

Nous nous proposons de montrer ici : que UO_3 ne présente aucune absorption entre 1 et 16 Kc.; que UO_2 montre une très forte absorption qui décroît régulièrement quand la température s'abaisse; que l'oxyde désigné par U_3O_8 semble seul présenter l'anomalie qui avait été signalée précédemment (1) (courbe de Debye).



Les mesures de ε'' (et de ε') ont été faites pour les fréquences 1, 2, 5, 10, 16 Kc., de + 20 à — 160° C.

L'oxyde UO_3 présente une absorption inférieure aux limites d'erreurs expérimentales et se comporte donc, dans cette gamme de fréquences et de températures, comme un bon isolant.

L'oxyde UO_2 (*voir figure*) présente, pour toutes les fréquences, une très forte absorption qui décroît très rapidement et régulièrement quand la température s'abaisse.

L'oxyde U_3O_8 donne les courbes ci-contre : Confirmant nos observations

antérieures, nous notons une *allure de* $\varepsilon''(T)$ *et de* $\varepsilon''(\nu)$ *analogue à celle des courbes de Debye :* A. Pour une fréquence donnée, *l'absorption passe par un maximum* pour une température donnée, et *vice versa;* B. Le maximum d'absorption se déplace *vers les basses températures quand la fréquence s'abaisse*; C. On décèle un très faible accroissement de la valeur du maximum quand la fréquence augmente; D. La comparaison avec nos résultats antérieurs montre que lorsque U_3O_8 est *dilué* dans UO_2, la bande se déplace vers les basses températures (pour une fréquence donnée).

L'absorption de UO_2 a une origine électronique, mais celle de U_3O_8 a évidemment une autre cause. On pourrait admettre que, dans le composé désigné par U_3O_8, il y aurait des liaisons par des atomes d'oxygène, entre des groupements UO_2; la bande de Debye serait liée à la durée moyenne de vie de ces liaisons. Mais cette hypothèse de travail demande à être confirmée par des études conjuguées de diagrammes de rayons X, de spectres d'absorption infrarouge ([2]) et d'absorption hertzienne. En collaboration avec le Service de Chimie du Commissariat à l'Énergie Atomique, des recherches sont en cours dans cet esprit, en vue d'examiner les divers produits intermédiaires entre UO_2 et UO_3 signalés par Biltz et Muller ([3]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'eau sur la structure des masses poreuses obtenues par hydratation des liants.* Note de MM. **Louis Chassevent** et **Daniel Dominé**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Le Chatelier avait, en 1927, attiré l'attention de l'un de nous sur l'intérêt de vérifier si un phénomène qu'il avait observé dans la nature se produisait également dans les masses poreuses obtenues par hydratation des liants ([1]). Le Chatelier avait remarqué, dans le Sud de l'Algérie, que les plantes pourrissent en se transformant en sulfate de calcium et qu'elles deviennent, après quelques années, complètement cristallines. Il supposait que ce phénomène pouvait également se produire dans les masses obtenues par hydratation des plâtres et provoquer des variations des résistances mécaniques.

Afin de vérifier l'hypothèse de Le Chatelier nous avons conservé dans l'eau des éprouvettes obtenues par hydratation de plâtres de diverses compositions ainsi que des éprouvettes de ciments artificiels Portland hydratés. Nous avons cherché à mettre en évidence des transformations de ces masses poreuses en suivant, en fonction du temps, les variations des résistances mécaniques et du volume apparent.

([2]) J. Lecomte et R. Freymann, *Bull. Soc. Chim.*, 8, 1941, p. 622.

([3]) *Z. Anorg. Ch.*, 163, 1927, p. 295.

([1]) Cinquième procès-verbal de l'association franco-belge pour l'essai des matériaux; séance du 23 juin 1927, édité par la *Revue des Matériaux de Construction*, Paris, 1927.

1. *Masses obtenues avec des plâtres dont l'hydratation est terminée après quelques heures de contact avec l'eau.* — Nous avons constaté que les éprouvettes obtenues par hydratation très rapide des plâtres dont le seul constituant est le sulfate de calcium semi-hydraté subissent, après la fin de l'hydratation et par conservation dans l'eau saturée de gypse, une augmentation faible de volume et une diminution importante de résistance, ainsi que le montrent les figures 1 et 2. La résistance diminue d'abord rapidement pendant les premières heures qui suivent la fin de l'hydratation. La diminution atteint environ 30 % après 7 jours puis elle ne varie plus notablement entre 15 et 30 jours.

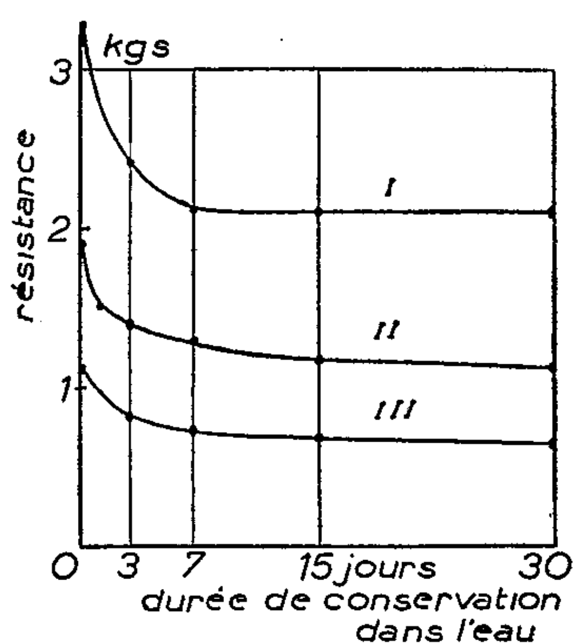


Fig. 1.

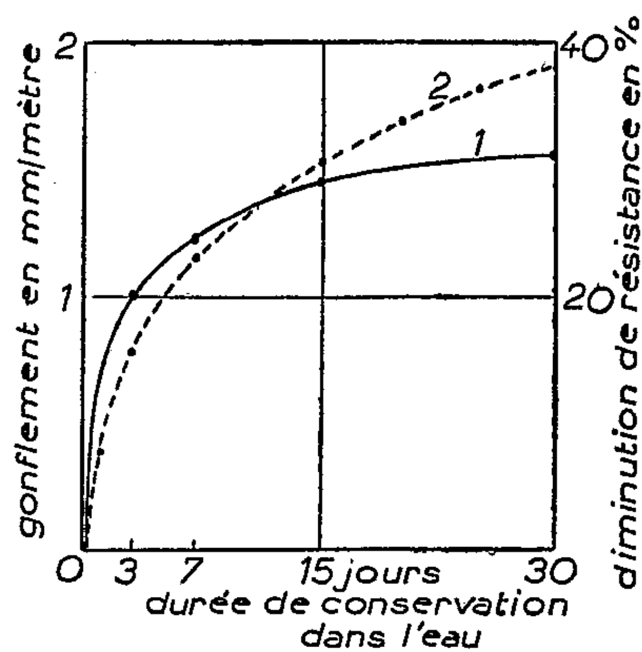


Fig. 2.

Fig. 1. — Variation de résistance, par conservation dans l'eau, de plâtre dont l'hydratation est terminée en deux heures. Résistances déterminées par l'essai de flexion Anstett-Afnor (²) sur des éprouvettes prismatiques de 15 × 2 × 2 cm, imprégnées d'eau. Plâtre ayant été gâché en proportion de : 150 gr pour 100 gr d'eau : courbe I; 100 gr pour 100 gr d'eau : courbe II; 80 gr pour 100 gr d'eau : courbe III.

Fig. 2. — Variations simultanées du volume apparent et de la résistance d'un plâtre dont l'hydratation est terminée en deux heures et ayant été gâché en proportion de 200 gr pour 100 gr d'eau. Courbe 1, trait plein : diminution des résistances déterminées par l'essai Anstett-Afnor (²). Courbe 2, en pointillé : augmentation du volume apparent.

Nous avons d'abord estimé que cette chute de résistance était uniquement due à la recristallisation du gypse formé par hydratation du plâtre suivant le processus bien connu du grossissement des précipités. Cette hypothèse de Le Chatelier expliquait également deux phénomènes que nous avons observés : l'accélération de la chute de résistance par élévation de la température de 20 à 60° et l'augmentation du volume apparent pendant la chute de résistance. Par contre d'autres faits ne peuvent être expliqués par le grossissement des cristaux, en particulier : la diminution de résistance lorsqu'il n'y a que très peu d'eau dans les pores, la continuation du gonflement après la chute de résistance et les variations de résistance et de volume par réhumidification des éprouvettes

(²) Norme française pour les essais des plâtres. *Afnor.* NF-B12-001 homologuée le 31 août 1946.

après séchage. Ces faits nous ont conduits à admettre que les cristaux de gypse formés au cours de l'hydratation des plâtres se décollent puis s'écartent les uns des autres. Le décollement des cristaux provoque une chute importante de résistance. Ensuite l'écartement des cristaux décollés ne modifie pas notablement la résistance mais augmente le volume apparent.

2. *Masses obtenues avec des plâtres dont l'hydratation se poursuit pendant plusieurs jours.* — Les transformations physiques que nous avons observées avec les plâtres constitués uniquement de semi-hydrate sont partiellement ou totalement masquées par la présence d'anhydrite insoluble dans beaucoup de plâtres. L'hydratation de l'anhydrite se poursuit pendant des semaines ou des mois. Elle provoque une augmentation de résistance qui dissimule la chute de résistance due aux transformations physiques.

3. *Masses obtenues avec des ciments artificiels Portland.* — Nous avons observé avec ces ciments dont l'hydratation se poursuit pendant des semaines, des évolutions de résistance et de volume analogues à celles observées avec les plâtres à forte teneur en anhydrite insoluble. Mais nous ne sommes pas arrivés à préciser si ces analogies proviennent de ce que les transformations chimiques et physiques ont lieu simultanément avec les ciments, de même qu'avec certains plâtres ou bien si elles sont dues à ce que les produits d'hydratation des ciments artificiels ne se décollent pas par conservation dans l'eau, du fait qu'ils sont plus fins et plus adhérents les uns aux autres que le produit de l'hydratation des plâtres.

En résumé nous avons observé que les masses poreuses formées par hydratation des plâtres subissent, au contact de l'eau, une transformation physique qui se poursuit pendant plusieurs jours et qui a pour effets de diminuer les résistances et d'augmenter le volume apparent. Nous avons attribué ces effets au décollement puis l'écartement des cristaux formés par hydratation des plâtres.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Interaction entre le méthylcholanthrène et un acide nucléique.* Note de Mlle **Jeanne Brigando** [1], présentée par M. Antoine Lacassagne.

Le méthylcholanthrène, entre autres, forme un film important lorsqu'il est étalé sur un support constitué par une solution d'un acide nucléique (pH 3). L'aire moléculaire du méthylcholanthrène dans le film est de l'ordre de 30 à 40 A_2.

Rappelons qu'il est possible de déterminer l'aire occupée par une molécule dans un film superficiel, sous une pression donnée, en étalant sur l'eau une solution titrée du corps à étudier dans un solvant volatil.

En déposant, à la surface de l'eau, une solution benzénique contenant un hydrocarbure cancérigène et un stérol, W. W. Davis, M. E. Krahl et G. H.

(1) Travail effectué au laboratoire de J. Guastalla avec la collaboration technique de Mlle J. Guillon.

A. Clowes ont mis en évidence des associations hydrocarbures-stérols ([2]). Ils ont trouvé par différence, que l'aire moléculaire du méthylcholanthrène par exemple, étalé grâce à son association avec le cholestérol, était de 28,5 A^2 (les auteurs ne signalent pas de possibilité d'étalement du méthylcholanthrène seul).

Nous avons comparé l'aire moléculaire du méthylcholanthrène ([3]) étalé sur l'eau avec l'aire moléculaire du même corps déposé sur une solution d'acide nucléique (déduction faite de l'aire propre du film d'acide nucléique).

L'appareil utilisé est le manomètre superficiel à suspension pendulaire de J. Guastalla ([4]). Les solutions dans le benzène ou d'autres solvants volatils sont déposées à la micropipette ([5]). Les résultats obtenus étant indépendants de la nature du solvant, on a généralement utilisé le benzène. Toutes les aires sont calculées par extrapolation à pression superficielle nulle.

La solution d'acide nucléique ([6]) est une solution saturée à 1 g/l environ dans de l'eau contenant 10^g au litre de NaCl (pH 3).

a. Film de méthylcholanthrène seul sur l'eau. — Le méthylcholanthrène s'étale imparfaitement sur l'eau. En même temps qu'un film susceptible d'être comprimé, des agglomérats sont observés à la surface. Ceci explique les valeurs anormalement faibles de l'aire moléculaire (de l'ordre de 5 A^2).

Des résultats comparables sont obtenus sur les supports suivants : eau, sérum physiologique (NaCl 10 g/l) ou milieux acides de pH 3,3 voisins de celui de l'acide nucléique (acide acétique 1/1000 dans l'eau bidistillée, acide glutamique solution saturée dans eau bidistillée). Le chlorure de sodium ou le pH n'ont dans ce cas pas d'influence.

b. Étude du film d'adsorption d'acide nucléique. — L'aire du film extrapolée à pression superficielle nulle a été déterminée par compression rapide (2^m, 5^m, 10^m, ..., 60^m) après nettoyage de la surface.

Après 5 minutes, durée d'une opération normale, cette aire représente seulement 1/6 environ de la surface d'adsorption.

c. Étude du solvant étalé sur la solution d'acide nucléique. — L'aire du film d'adsorption n'est que faiblement modifiée par l'étalement du solvant seul, après 5 minutes, elle correspond au 1/5 environ de la surface d'adsorption.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, **62**, 1940, p. 3080.

([3]) Tous les résultats ont été contrôlés sur des échantillons de méthylcholanthrène recristallisés dans l'alcool ou le benzène.

([4]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 973; *Cahiers de Phys.*, **13**, 1942, p. 5.

([5]) Les solvants éther de pétrole, benzène, cyclohexane ont été bidistillés et ne donnent pas de film sur l'eau. Les solutions de carbure sont à la concentration 0,005 M et la quantité étalée est de 20^{mm^3} en général.

([6]) Acide zymonucléique Codex, purifié par dissolution dans une solution étendue d'ammoniaque à pH 7 et précipitation par HCl à pH 2 ou l'acide acétique à pH 2,6 et lavage à l'alcool redistillé.

d. Étude du film de méthylcholanthrène déposé sur la solution d'acide nucléique. — Des quantités variables (6^{mm^3}, 9^{mm^3} et 20^{mm^3}) de solutions étendues (0,001 M et 0,005 M) de méthylcholanthrène dans le benzène, l'éther de pétrole ou le cyclohexane sont étalées sur une solution d'acide nucléique.

Les aires extrapolées à pression nulle sont considérables. Après déduction de la surface mesurée sur le même support, après dépôt du solvant, l'aire moléculaire attribuée au méthylcholanthrène est de l'ordre de 30 à 40 A^2 (les plus grandes aires correspondent généralement aux plus petites quantités de carbures déposées).

Rien d'analogue n'a été observé avec le nucléate de sodium de pH 6,8 (conc. 1,5 et 0,30 g/l en acide nucléique). Dans tous les cas on a seulement le film de nucléate de sodium.

Quelques autres substances cancérigènes dont le 3.4.5.6-dibenzocarbazol, le 2-acétaminofluorène, le 9.10-diméthyl-1 : 2-benzanthracène, la 2.3.-10-triméthyl 5.6-benzacridine donnent des films importants sur la solution d'acide nucléique alors qu'ils ne s'étalent pas ou très incomplètement sur l'eau pure, sur l'eau acétique à pH 3,3 ou sur une solution de chlorure de sodium à 10 g/l.

Le naphtalène, l'anthracène, le phénanthrène, carbures non cancérigènes ne s'étalent ni sur l'eau ni sur la solution d'acide nucléique.

Ces observations tendent à prouver l'existence d'une interaction entre l'acide nucléique et les carbures cancérigènes étudiés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude de la force de l'acide hypobromeux.* Note de M. **Gabriel Sourisseau**, présentée par M. Paul Pascal.

Introduction. — Les résultats des travaux les plus récents exécutés en vue de déterminer la constante de dissociation de l'acide hypobromeux ne sont pas concordants.

Chapin [1], en 1934, reprenant la méthode cinétique déjà utilisée par Gallart [2], adopte, après étude de la décomposition de l'hypobromite de sodium, la valeur $2,5.10^{-8}$. Skrabal [3], en 1938, préconise 2.10^{-11}. Shilov [4], la même année, déduit de l'étude du pH d'une solution d'acide hypobromeux additionnée progressivement de soude la valeur $2,06.10^{-9}$. En 1942, après avoir critiqué les mesures de Shilov, Skrabal [5] croit enfin pouvoir assigner à la constante les valeurs limites $4,63.10^{-11}$ et $5.94.10^{-11}$.

Nous avons appliqué à l'acide hypobromeux la méthode utilisée récem-

---

(1) *J. Am. Ch. Soc.*, 56, 1934, p. 2211.
(2) *An. Soc. Esp. Fis. Quim.*, 31, 1933, p. 422.
(3) *Monatsh. Chem.*, 71, 1938, p. 251.
(4) *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 490.
(5) *Zeit. f. El.*, 48, 1942, p. 314.



ment ([6]) pour l'acide hypoiodeux. Les premiers résultats de notre étude sont en accord avec ceux de Shilov.

Principe. — Le phénomène de la rupture de l'équilibre d'hydrolyse du brome ([7]) par un sel d'argent peut être résumé par la réaction

$$Br_2 + HOH + RAg \rightarrow BrAg + BrOH + RH. \quad (1)$$

Au moyen de solutions connues de brome et de sulfate d'argent, nous constituons des mélanges répondant exactement aux proportions de l'équation (1). Nous obtenons ainsi en solution un mélange d'acides fort (SO_4H_2) et faible (BrOH). Nous en effectuons le dosage potentiométrique au moyen d'une liqueur titrée de baryte. En choisissant ces réactifs, nous profitons de l'insolubilité du sulfate de barym.

Résultats. — La courbe de pH en fonction des volumes de baryte ajoutés a la forme classique que donne le dosage d'un mélange de deux acides de force inégale. Un point d'inflexion à tangente verticale est obtenu après affusion d'une quantité de baryte correspondant à l'acide sulfurique présent; un second point d'inflexion, après affusion d'une nouvelle quantité égale de baryte.

Les pH respectifs de ces deux points d'inflexion sont : $6{,}40 \pm 0{,}10$ et $9{,}60 \pm 0{,}20$.

Dans ces conditions, si nous appliquons la formule de Henderson :

$$\log K = \log \frac{[\text{sel}]}{[\text{acide}]} - \text{pH}$$

en considérant le pH correspondant à la demi-neutralisation de l'acide hypobromeux, on a : pH = pK. Nous avons trouvé pour pK les valeurs suivantes :

8,50; 8,53; 8,46; 8,55; 8,70; 8,57; 8,50; 8,35.

Valeur moyenne : 8,50. D'où :

$$K = 3.2.10^{-9} \pm 1,2.10^{-9}.$$

Discussion. — Nous pensons que l'écart trouvé entre les divers résultats provient de deux causes : la volatilité du brome qui se traduit par une légère incertitude du titre réel des mélanges étudiés et l'instabilité de l'hypobromite de baryum formé, qui exige l'emploi pour chaque mesure d'un nouvel échantillon, ainsi qu'une très grande rapidité de manipulation. En outre, nous avons vérifié que, dans le temps que dure chaque observation, on n'enregistre pas de baisse du pouvoir oxydant *en milieu alcalin.* Nos essais sont donc à l'abri des critiques que Skrabal pensait pouvoir formuler à l'égard des mesures de Shilov.

([6]) JOSIEN et SOURISSEAU, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **225**, 1950.

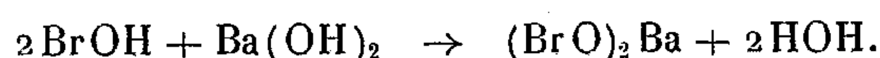
([7]) JOSIEN et SOURISSEAU, *Comptes rendus*, **226**, 1938, p. 1605.

Variante de la méthode. — Pour éviter la perte de temps qu'entraîne l'addition préalable de sel d'argent, nous avons pensé pouvoir étudier la courbe potentiométrique d'une eau de brome directement additionnée de baryte. Si l'on prend toujours la précaution d'utiliser un nouvel échantillon pour chaque mesure, on obtient encore deux points d'inflexion nets marquant respectivement : la rupture de l'équilibre



$$2\,Br_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow Br_2Ba + 2\,BrOH,$$

la neutralisation totale



$$2\,BrOH + Ba(OH)_2 \rightarrow (BrO)_2Ba + 2\,HOH.$$

Les valeurs de pK trouvées ainsi sont dans l'ensemble plus petites que celles obtenues par la première méthode :

8,40, 8,38, 8,45, 8,46, 8,48 8,25, 8,22, 8,21.

Valeur moyenne : 8,36. D'où

$$K = 4,35.10^{-9} \pm 0,8.10^{-9}.$$

Peut-être la présence du bromure de baryum influence-t-elle le résultat.

Conclusion. — Le détail de nos expériences sera publié ultérieurement. Dès à présent, cependant, il semble possible de retenir l'ordre de grandeur 10^{-9} pour la constante de dissociation de l'acide hypobromeux; cette valeur est en accord avec les résultats de Shilov.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sulfuration topochimique du chlorure cuivreux.* Note de MM. **Roger Mole** et **Raymond Hocart**, transmise par M. Louis Hackspill.

Durocher [1] a signalé la production de cristaux de sulfure de cuivre de formule Cu_2S par l'action de SH_2 privé d'humidité sur ClCu précipité sec.

Depuis lors, divers auteurs ont produit soit par synthèse directe du cuivre et du soufre [2], soit par action de SH_2 sur une solution chlorhydrique de ClCu à température ordinaire [3] une phase cubique du type Cu_9S_5. Nous avons voulu rechercher la où les phases produites par action de SH_2 sec sur ClCu sec et notamment la présence d'une phase cubique du type Cu_9S_5 en partant de monocristaux de ClCu.

Le ClCu est préparé par cristallisation d'une solution saturée de ClCu dans HCl. On obtient des monocristaux, mesurant jusqu'à 2mm et qui ne s'altèrent

(1) *Comptes rendus*, 32, 1851, p. 823.

(2) *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, Abt. B., 31, 1936, p. 157.

(3) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1138. (Dans cette Note, *lire*, p. 1139, 9e ligne, $4\,Cu_{1,8}S$ *au lieu de* $4\,C_{1,8}S$ et 10e ligne, $a_0 = 5,58$ Å *au lieu de* 5,8 Å).

que très lentement à l'air (à la différence du chlorure cuivreux finement précipité qui se colore rapidement en vert au contact de l'air par suite de la formation d'un sel cuivrique basique). En vue des expériences de sulfuration ces cristaux sont immédiatement lavés par une solution d'eau chargée de SO_2, desséchés au four à 110° et sous vide (1^{mm} Hg) pendant une heure, après quoi l'on porte le four à la température que l'on s'impose et l'on fait aussitôt passer SH_2 sec sur ClCu.

L'hydrogène sulfuré est privé d'humidité par passage dans un condenseur à — 40°. Nous effectuons la sulfuration à température ordinaire, à 450° et 800°. Dans aucun cas les cristaux de sulfure ne révèlent un passage par la fusion, les cristaux sont libres dans la nacelle qui reste parfaitement nette. Les cristaux obtenus à ces trois températures ont été examinés aux rayons X à la température ordinaire.

A la température ordinaire nous obtenons un mélange de la phase cubique type Cu_9S_5 et de la phase orthorhombique type chalcosine. Dans le sulfure obtenu à 450° une phase pseudocubique multiple prédomine et dans celui préparé à 800° une phase pseudocubique est accompagnée de la phase hexagonale dite de haute température.

On pouvait penser que la réaction de sulfuration n'était que superficielle et que cette phase cubique type Cu_9S_5 de paramètre approchant 5,60 Å était due à un recouvrement épitaxique d'un fragment de cristal de ClCu (cubique, réseau type blende; $a_0 = 5,41$ Å). Mais d'une part aucune raie ou tache due au ClCu n'est présente dans le diagramme aux rayons X; d'autre part, l'analyse chimique plus sensible ici, n'indique pour chaque échantillon qu'un pourcentage de ClCu certainement inférieur à 1 %. Chaque monocristal de ClCu est donc transformé dans la masse.

Par ailleurs l'analyse chimique des sulfures ainsi obtenus en l'absence de vapeur d'eau nous donne une composition $Cu_{9,5}S_5$ ce qui, comparé à Cu_2S, correspond à un déficit de cuivre dans le mélange des phases. Cette même composition déjà trouvée pour une phase homogène unique, obtenue par voie humide ([3]), conduit à la conclusion que les phases cubiques, orthorhombique, hexagonale ont ici la même composition.

Il résulte de ces expériences que la sulfuration de ClCu est *topochimique*, S remplaçant Cl dans l'édifice cristallin, les cristaux de sulfures épousant la forme des cristaux de ClCu, à la faveur d'une relation paramétrique et structurale. Une certaine mobilité des atomes de cuivre est cependant manifestée par la composition $Cu_{9,5}S_5$ ($4 \times Cu_{1,9}S$ comparé à $4 \times CuCl$), qui fait apparaître dans chaque maille période des atomes non présents dans la maille initiale avec compensation possible par l'existence de lacunes dans certaines mailles. (La répartition de ces atomes de cuivre dépend de la température.)

La structure cristalline de ce sulfure $Cu_{9,5}S_5$ et sa comparaison avec la structure que nous avons décrite précédemment ([3]) est en cours d'étude.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Chromométrie différentielle des alcools méthylique et éthylique en mélange.* Note de MM. **Bernard A. Lindenberg** et **Raymond Guillemet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On connaît les microméthodes chromométriques de haute précision élaborées par Maurice Nicloux pour le dosage du méthanol (1) et de l'éthanol (2) : en présence d'un léger excès de bichromate, le premier alcool est comburé en CO_2 et H_2O dans un milieu sulfurique à 30 % en volume, tandis que le second est oxydé en acide acétique à une concentration sulfurique de 20 %.

D'autre part, Cordebard (3) a fait connaître les conditions d'attaque sulfochromique, en présence de nitrate d'argent, assurant l'oxydation quantitative de l'acide acétique en gaz carbonique et eau. Le titrage de l'excès de bichromate se fait iodométriquement, après précipitation du chlorure d'argent et filtration.

Nous avons d'abord vérifié que l'oxydation de l'éthanol ne dépasse pas le stade éthanoïque dans les conditions mêmes du dosage du méthanol suivant Nicloux. Nous avons ensuite modifié la méthode de Cordebard, de manière à atteindre la précision du titrage par la technique de Nicloux. Le double dosage des alcools méthylique et éthylique en mélange — par sulfochromométrie et par argentosulfochomométrie — permet alors d'évaluer les teneurs respectives de chacun de ces deux alcools avec une précision de 0,25 %.

Principe. — En milieu sulfochromique à 30 % d'acidité en volume, l'oxydation du méthanol est totale, tandis que celle de l'éthanol s'arrête au stade de CH_3COOH (consommation de 1^mol^ de O_2 par molécule de C_2H_5OH). En milieu argento-sulfochromique à 75 % d'acidité, la combustion de l'éthanol est également complète (consommation de 3^mol^ de O_2 par molécule). Soient A et S les quantités respectives de bichromate réduites par une même partie aliquote du mélange alcoolique à doser, lors des oxydations argento et sulfochromiques. A-S indique alors la quantité de bichromate consommée pour l'oxydation de l'acide acétique provenant de l'éthanol, $(A - S)/2$ celle réduite par l'éthanol dans le dosage sulfochromique, et $S - (A - S)/2 = (3S - A)/2$ celle nécessitée pour la combustion du méthanol.

Réactifs employés. — Solutions aqueuses de $Cr_2O_7K_2$ N/2, N/5, N/10, N/20.
Solutions sulfuriques de $Cr_2O_7K_2$ N/5 et N/10, à 75 % d'acidité et saturées de $AgNO_3$
Acide sulfurique pur, et à 66,6 % en volume.

Technique. — Le mode opératoire suivi dans le dosage sulfochromique est celui indiqué

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **17**, 1935, p. 194.
(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **13**, 1931, p. 857.
(3) *L'oxydation chromique en analyse quantitative*, Nancy, 1942.

par Nicloux pour le méthanol (1). Le dosage argento-chromique fut pratiqué de la manière suivante : dans un tube de Nicloux (2), placé dans un bécher contenant de l'eau froide, on mesure d'abord exactement le volume du réactif argento-sulfo-chromique : 1 à 2^{cm^3}, dont l'excès doit assurer une concentration finale en bichromate de N/20 environ; on mesure ensuite 1,5 ou 3^{cm^3} d'acide sulfurique pur, soit 3^{vol} d'acide pour 1^{vol} de solution aqueuse à analyser. Ces deux premières mesures se font en faisant couler les liquides dans le fond du tube. On procède alors au prélèvement de 0,5 à 1^{cm^3} de la solution aqueuse, que l'on fait arriver lentement, par le haut, le long de la paroi intérieure du tube, pour éviter le mélange et l'échauffement; on assoit le bouchon rodé humecté d'acide sulfurique, on ferme le tube, on agite son contenu, le porte dans un bain d'eau bouillante, la partie remplie de liquide étant seule immergée. Après 1 heure et demie à deux heures de chauffage, on retire le tube, le refroidit à l'eau courante, ajoute de l'eau distillée de manière à ramener la concentration sulfurique à 25%, et l'on refroidit une nouvelle fois. On procède enfin au titrage de l'excès de bichromate suivant Nicloux (2). La légère opalescence qui se produit par suite de la présence de chlorures dans les réactifs, ou la précipitation du nitrate d'argent qui survient parfois dans le milieu de réaction, ne gênent en rien la précision du titrage.

Justification de la méthode. — L'acidité sulfurique de 75% constitue sans conteste l'optimum pour l'oxydation tant sulfochromique qu'argento-sulfo-chromique des substances organiques. A la température de 100°, la durée de chauffage nécessaire pour oxyder quantitativement l'acide acétique est d'autant plus courte que l'excès de bichromate est plus grand, comme cela ressort du protocole qui suit : $85^{mg},75$ d'acide acétique glacial sont dissous dans 50^{cm^3} d'eau distillée; $0^{cm^3},5$ de cette solution + $1^{cm^3},5$ d'acide sulfurique sont additionnés de 1^{cm^3} de réactif argento-sulfo-chromique N/5.

Temps de chauffe.	Centimètre cube de bichromate N/10 consommé.	Concentration finale en bichromate.
1 h. 15 min	1,04	N/35
2 h	1,08	
3 h	1,14	
4 h	1,14	

ou de 2^{cm^3} du même réactif oxydant

1 h	1,095	N/21,5
1 h. 30 min	1,145	
2 h	1,14	
3 h	1,14	

1^{cm^3} de $Cr_2O_7K_2$, N/10 consommé correspond à $0^{mg},75$ d'acide acétique brulé. Acide acétique mis en œuvre, $0^{mg},8575$; trouvé, $0^{mg},855 = 1,14 \times 0,75$.

Nous préconisons donc l'addition d'un excès, par rapport à la théorie, de $0^{cm^3},25$ de réactif argentique N/5 en bichromate pour chaque centimètre cube du mélange final, avec un temps de chauffage de 1 heure 30 min à 2 heures. L'inconvénient du chauffage prolongé se trouve être compensé par le faible volume du mélange, augmentant la sensibilité du titrage du bichromate en excès par le couple de réactifs sulfate ferreux-permanganate de potassium N/20, l'auto-oxydation du réactif argento-chromique étant nulle dans ces conditions.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude sur les barrières de potentiel de quelques dérivés monosubstitués du benzène.* Note de M. **Elemèr Gyoerffy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons évalué les barrières de potentiel de plusieurs dérivés du benzène dans les positions ortho, méta et para par la méthode de G. W. Wheland (1); les corps examinés prennent naissance du benzène par la substitution d'un atome d'hydrogène par un hétéroatome apportant deux électrons π. Nous avons mis successivement $\alpha = 1$; 2 et 3 pour le supplément d'intégrale coulombienne de l'hétéroatome et $\beta = 1$ et $1/2$ pour l'intégrale de résonance entre ce dernier et le carbone adjacent. Il s'agit de grandeurs employées dans le cadre de la méthode des orbitales moléculaires (2) que nous avons utilisée dans nos calculs.

Par la même méthode, C. Sandorfy (3) a évalué les valences libres et les charges électroniques dans les dits corps.

Nous étions intéressé à voir si ces grandeurs conduisent aux mêmes prédictions concernant la réactivité chimique que les barrières de potentiel. Des études de ce genre ont été faites récemment par plusieurs auteurs (4), (5), (6).

Les tableaux ci-contre donnent les valeurs des barrières de potentiel pour les cas des substitutions radicalaires (I) nucléophiles (II) et électrophiles (III). Les chiffres entre les parenthèses sont les valences libres dans le cas radicalaire et les charges dans les deux autres cas.

L'étude de ces tableaux permet de conclure que dans la plupart des cas les barrières de potentiel varient approximativement comme les valences libres et les charges.

Toutefois on trouve des cas intéressants qui méritent d'être mentionnés.

On trouve de tels sommets ortho dans les substitutions nucléophiles, pour lesquelles les barrières de potentiel sont les mêmes, mais où les charges sont sensiblement différentes (0,976, 1,004) (7).

---

(1) *Journal of the American Chemical Society*, 64, 1942, p. 900.

(2) Voir par exemple C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Proceedings of the Royal Society*, 191, 1947, p. 39.

(3) *Bulletin de la Société chimique de France*, 16, 1947, p. 615.

(4) R. Daudel, C. Sandorfy, P. Yvan et O. Chalvet, *Bulletin de la Société chimique de France*, 17, 1950, p. 66.

(5) C. Sandorfy, P. Yvan, Vroelant, O. Chalvet et R. Daudel, *Bulletin de la Société chimique de France*, 17, 1950, p. 131.

(6) M. J. S. Dewar, *Journal of the Chemical Society*, 1949, p. 463.

(7) Ce dernier point résulte d'une extrapolation des tableaux.

Cas des substitutions nucléophiles.

Ortho.	$\alpha = 1$.	$\alpha = 2$.	$\alpha = 3$.
$\beta = 1$	2,60 (1,076)	2,56 (1,032)	2,50 (1,000)
$\beta = \frac{1}{2}$	2,54 (1,011)	2,49 (0,986)	2,52 (0,976)
Méta.	$\alpha = 1$.	$\alpha = 2$.	$\alpha = 3$.
$\beta = 1$	2,55 (0,997)	2,54 (0,998)	2,54 (1,000)
$\beta = \frac{1}{2}$	2,54 (1,000)	2,54 (1,001)	2,54 (1,001)
Para.	$\alpha = 1$.	$\alpha = 2$.	$\alpha = 3$.
$\beta = 1$	2,69 (1,063)	2,60 (1,025)	2,53 (1,000)
$\beta = \frac{1}{2}$	2,53 (1,010)	2,50 (0,991)	2,53 (0,984)

Cas des substitutions électrophiles.

Ortho.	$\alpha = 1$.	$\alpha = 2$.	$\alpha = 3$.
$\beta = 1$	2,17 (1,076)	2,38 (1,032)	2,48 (1,000)
$\beta = \frac{1}{2}$	2,44 (1,011)	2,54 (0,986)	2,61 (0,976)
Méta.	$\alpha = 1$.	$\alpha = 2$.	$\alpha = 3$.
$\beta = 1$	2,55 (0,997)	2,54 (0,998)	2,54 (1,000)
$\beta = \frac{1}{2}$	2,54 (1,000)	2,54 (1,001)	2,54 (1,001)
Para.	$\alpha = 1$.	$\alpha = 2$.	$\alpha = 3$.
$\beta = 1$	2,23 (1,063)	2,41 (1,025)	2,51 (1,000)
$\beta = \frac{1}{2}$	2,59 (1,010)	2,55 (0,991)	2,62 (0,984)

Cas des substitutions radicalaires.

Ortho.	$\alpha = 1$.	$\alpha = 2$.	$\alpha = 3$.
$\beta = 1$	2,19 (0,396)	2,47 (0,372)	2,49 (0,361)
$\beta = \frac{1}{2}$	2,49 (0,359)	2,52 (0,353)	2,52 (0,352)
Méta.	$\alpha = 1$.	$\alpha = 2$.	$\alpha = 3$.
$\beta = 1$	2,55 (0,344)	2,54 (0,345)	2,54 (0,345)
$\beta = \frac{1}{2}$	2,54 (0,346)	2,54 (0,347)	2,54 (0,346)
Para.	$\alpha = 1$.	$\alpha = 2$.	$\alpha = 3$.
$\beta = 1$	2,46 (0,368)	2,51 (0,354)	2,52 (0,350)
$\beta = \frac{1}{2}$	2,55 (0,352)	2,53 (0,350)	2,53 (0,348)

Pour $\alpha = 3$, $\beta = 1$ dans les substitutions électrophiles et nucléophiles toutes les charges sont unitaires, les barrières de potentiel sont différentes et permettent de distinguer les trois sommets. Il est facile de voir que dans ce cas-là, la variation des barrières de potentiel suit celle des valences libres. Ceci montre une fois de plus que cette dernière grandeur joue un rôle important même dans le cas des substitutions ioniques.

D'autre part, on constate notamment dans le cas des substitutions nucléophiles, et surtout pour des charges qui sont supérieures à l'unité, que les sommets ortho et para ayant la même charge ont des barrières de potentiel nettement différentes, celles des para étant plus élevées.

GÉOPHYSIQUE. — *Variations rapides des courants telluriques.* Note de Mlle **Yvonne Beaufils**, présentée par M. Pierre Lejay.

Les corrélations entre enregistrements telluriques de stations éloignées, d'une part, et entre enregistrements telluriques et magnétiques, d'autre part, ont été étudiées au moyen de l'analyse harmonique. Les principaux résultats concernent les oscillations d'une période de 15 à 30 secondes dites *oscillations normales* (variation diurne, direction de polarisation et sens du courant).

I. *Les corrélations entre les enregistrements telluriques de plusieurs stations éloignées*, déjà établies par MM. M. Schlumberger et G. Kunetz (1) ont été précisées; il ressort de l'analyse harmonique par combinaisons linéaires d'ordonnées que les composantes élémentaires sont indépendantes entre elles : leur direction de polarisation, le sens du courant et le rapport des amplitudes à deux stations sont différents.

II. *Comparaison avec les enregistrements magnétiques.* — D'une part, j'ai observé une étroite corrélation, onde par onde, entre des enregistrements magnétiques et telluriques obtenus à grande distance l'un de l'autre (variomètre La Cour à marche rapide de Chambon-la-Forêt et enregistrements telluriques au Gabon). Elle est surtout marquée entre la composante horizontale magnétique H et la composante EW tellurique (*fig.* 1) (2).

D'autre part, en une même station, cette dernière (*fig.* 2) est en quadrature avec la dérivée de la composante verticale magnétique dans les oscillations de 25 secondes isolées à Saint-Germain-du-Bois et dans celles de 30 secondes au Maroc (courbes II).

III. 1° *Variation diurne.* — Les quatre enregistrements continus dont je disposais ont montré l'apparition du régime oscillatoire *normal* (période de 15 à 30 secondes) au lever du Soleil, avec maximum d'intensité au début de la matinée et diminution progressive jusqu'au coucher du Soleil.

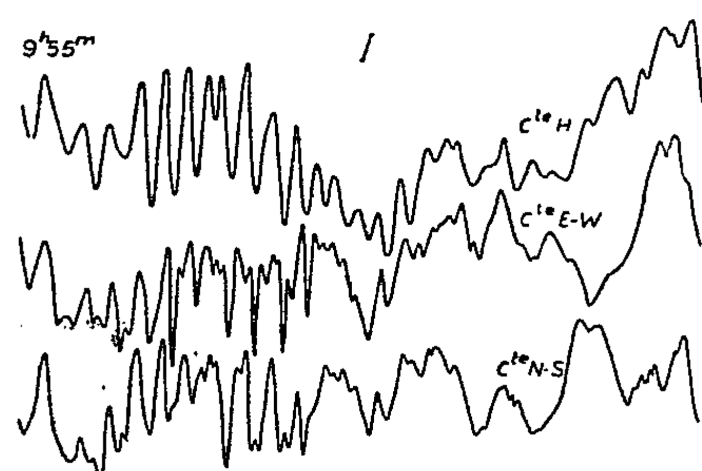
2° *La direction de polarisation*, plus ou moins bien définie suivant les stations (au centre des trains d'ondes, l'oscillation est sensiblement rectiligne à Madagascar et circulaire à Saint-Germain-du-Bois), varie autour d'une direction moyenne sans qu'il apparaisse une variation systématique au cours de la journée. Elle peut être différente, en un même lieu, pour deux oscillations

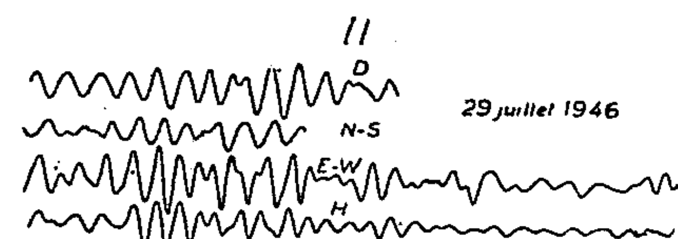
(1) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 551.

(2) Les courbes II représentent une oscillation d'environ 30 secondes isolée par l'analyse.

simultanées de périodes différentes (Maroc); la polarisation n'est donc pas entièrement définie par la structure géologique locale.

En l'absence de données sur la résistivité, il n'est pas possible de définir une variation en fonction de la latitude; on peut seulement remarquer que la composante EW est souvent prédominante, même aux latitudes moyennes (Italie, Maroc), contrairement aux résultats donnés par Rooney pour les perturbations ([3]).





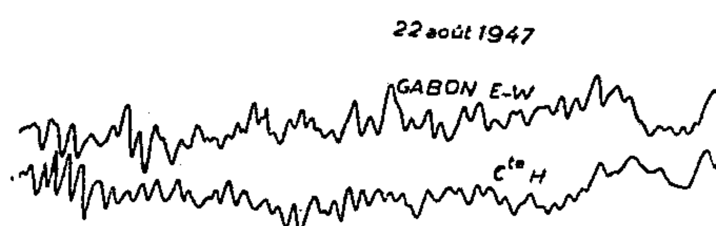
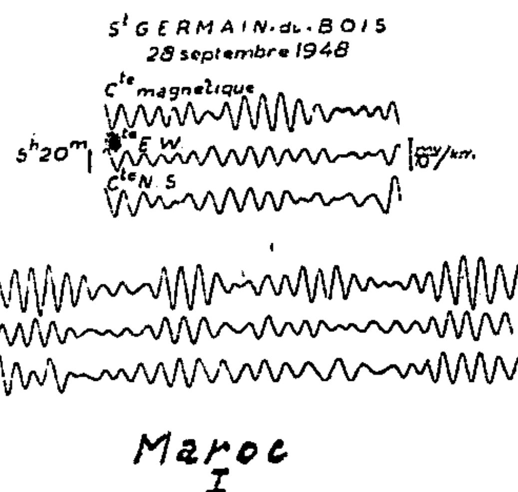
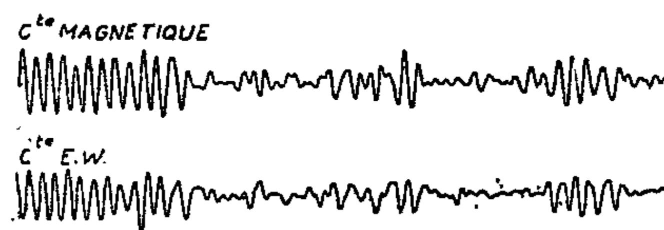


Fig. 1.





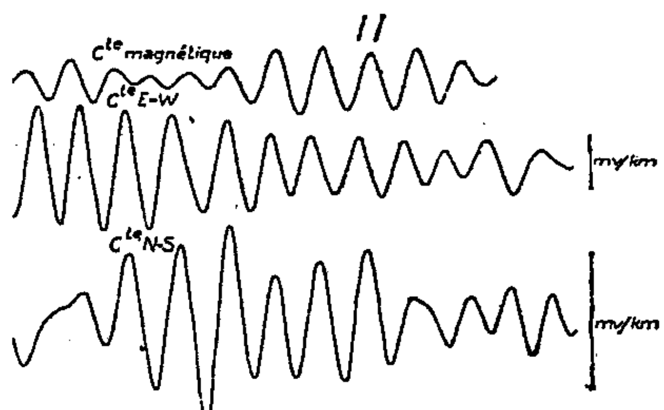


Fig. 2

3° *Sens du courant.* — J'ai observé des renversements de sens au lever et au coucher du Soleil à Chambon-la-Forêt, à Saint-Germain-du-Bois, en Italie et au Maroc. A une même station, des diagrammes correspondant les uns à des oscillations *normales*, les autres à des oscillations *serrées* ou à des *pulsations*, peuvent être décrits simultanément en sens contraire (Madagascar, Maroc). Entre stations éloignées, on a observé : le même sens de rotation à Saint-Germain-du-Bois et en Italie, en France et en Tunisie; le sens contraire de part et d'autre de l'équateur (France et Gabon, France et Madagascar), mais seulement pour les oscillations *normales*.

Les résultats ci-dessus ([4]) montrent que les oscillations *normales* constituent

([3]) *Physics of the Earth*, 8, 1939, p. 270-307.

([4]) Un exposé plus détaillé sera fait dans un Mémoire de diplôme d'Études supérieures de la Faculté des Sciences de Paris.

un phénomène de grande étendue, en relation avec l'insolation. S'il paraît prématuré d'essayer de localiser leur cause, on peut toutefois les rapprocher des oscillations rapides observées par plusieurs auteurs dans les mesures sur l'ionosphère ([5]).

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la corrélation entre l'importance du volume des déplacements d'air et l'évolution littorale.* Note de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Donatien Cot.

L'étude du déplacement des masses d'air qui conditionne la formation des vagues de translation permet d'interpréter la dynamique de l'évolution littorale.

Tous les océanographes admettent que le vent est le promoteur de la houle et des vagues de translation.

Cette houle de translation peut exercer sur les formations meubles littorales des actions de grande envergure dans un temps très court. Ainsi, dans la région de Sainte-Anne-du-Portzic (Finistère), un cordon de galets était sensiblement stabilisé depuis octobre 1948, mais, environ 15000^t ont été enlevées au cours d'une tempête au début de 1950 et toute une partie du platier rocheux a été mise complètement à nu. La partie du cordon de galets qui a subsisté a pris une orientation différente de l'orientation primitive. Au cours de la même période, environ 80^{cm} d'épaisseur de sable ont été enlevés sur une plage du Conquet (Finistère).

Dans une étude des côtes de Danemark, Axel Schou ([1]) a montré que la direction de stabilité des formations littorales meubles était normale à la bissectrice des deux directions suivantes :

1° La résultante des vents déterminée d'après le nombre d'observations dans chaque direction des vents de vitesse supérieure à 4 Beaufort. (Le nombre d'observations est multiplié par la vitesse);

2° Le *Fetch maximum*, c'est-à-dire la direction vers la côte la plus éloignée du lieu considéré.

Cette méthode fournit des résultats assez approchés, mais ne permet pas d'expliquer les stades successifs de l'évolution littorale. Elle ne donne d'indications que sur une position d'équilibre.

J'ai cherché une interprétation dynamique des phénomènes observés dans la région de Brest en utilisant les enregistrements d'un anémomètre totalisateur (kilomètres de vent passé) fonctionnant au Centre Météorologique de Guipavas.

Dans la production de la houle il semble évident que le volume d'air

([5]) R. P. Lejay, *Onde électrique*, LXIX, 217-218, 1940, p. 8-38; R. Jouaust, *L'Ionosphère*, 1946, p. 145 et 240.

([1]) *Det Marine Forland* (*Særtryk of Folia Geographica Danica*, 4, København 1945).

déplacé ait une importance beaucoup plus considérable que le nombre d'observations dans une même direction ou même la vitesse du vent.

J'ai pu mettre en évidence quatre perturbations importantes depuis l'entrée en service de l'anémomètre totalisateur.

Pour chacune de ces perturbations, j'ai construit une rose des vents dont les branches sont proportionnelles au nombre de kilomètres de vent enregistré.

Sur cette rose des vents, on applique un calque sommaire de la carte de la côte étudiée pour éliminer, dans le calcul suivant, tous les vents dont la formation littorale est protégée par une falaise distante de moins d'un mille marin.

A l'aide des nombres conservés, on construit un polygone des forces. La direction moyenne de la houle est fournie par l'orientation de la résultante R dont la longueur indique l'importance de la masse d'air déplacée.

La normale à cette résultante R est la direction que prendra la formation littorale sous l'influence de la houle de translation.

Si cette normale est sensiblement parallèle à la direetion primordiale du dépôt littoral et surtout si la valeur de R est faible, aucun déplacement n'est observé. Si R est importante, les sédiments seront repoussés vers la falaise.

Si la normale fait un angle important avec la direction de la formation littorale, celle-ci sera d'autant plus profondément modifiée que la résultante R sera plus grande.

Les résultats obtenus sont condensés dans le tableau suivant :

Lieu.	Perturbation.	Direction primordiale du dépôt littoral.	Direction de la normale à R.	Valeur de R.	Observations.
Portzic (galets)....	14–26 oct. 1949	48–52°	52°	8 200 km	Galets repoussés contre la falaise
	13–22 déc. 1949	48–52	33	3 400	Résultante faible pas de déplacement
	28 janv. 1950 17 févr. 1950	48–52	26	10 100	15 000t enlevées. La portion conservée s'oriente à 25–30°
	14–23 mars 1950	25–30	53	6 400	Déplacement de galets vers la partie antérieurement dégagée.
Petit Delec (galets).	28 janv. 1950 17 févr. 1950	75–80	61	4 000	Pas de déplacement
Conquet (sable)....	–	22	355	12 400	Enlèvement du sable sur 0m,80 d'épaisseur

Les résultats précédents me paraissent montrer que l'étude du déplacement des masses d'air qui conditionne la formation de la houle de translation peut fournir d'intéressantes indications dans l'étude dynamique de l'évolution des formations littorales.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'existence de Trilobites du Cambrien inférieur asiatique dans l'Anti-Atlas marocain.* Note de MM. **Pierre Hupé** et **Jean Abadie**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Un riche gisement de Trilobites géorgiens a été découvert par l'un de nous (J. A.), à 10^{km} au S-E de Taroudant, sur l'éperon de Tazemmourt, avancée de l'Anti-Atlas dans la plaine du Sous; M. Ambroggi y avait observé précédemment des calcaires à Archaeocyathidés. Les Trilobites, en excellent état de conservation, se rencontrent, associés à de nombreux Brachiopodes, dans des schistes verdâtres alternant avec de minces bancs calcaires. Les couches à *Archaeocyathus* montent jusqu'à plus de 50^{m} au-dessus des couches à Trilobites et s'observent encore à 180^{m} au-dessous.

Les Trilobites se rapportent à deux genres, le g. *Redlichia* Cossmann et un genre non encore décrit, voisin des Mésonacidés et pour lequel nous proposons le nom de *Daguinaspis*, en mémoire de F. Daguin, pionnier de la géologie marocaine.

Les *Redlichia*, représentés par des cranidia et des joues libres sont très voisins de *R. nakamurai* Saito ([1]), par leurs lobes palpébraux postérieurement écartés du sillon dorsal et par la branche antérieure de la suture, peu divergente et quittant les lobes palpébraux assez loin de la glabelle. *Redlichia nakamurai* caractérise, dans le Cambrien inférieur de la Corée, une zone située vers la partie supérieure des *Redlichia* shales, correspondant eux-mêmes au Géorgien final.

Daguinaspis, décrit par Mansuy ([2]), sous le nom inexact de *Ptychoparia yunnanensis*, a été récolté par Deprat dans les couches à *Redlichia* du Yun-nan oriental. L'unique exemplaire de cette espèce figuré par Mansuy est nettement identifiable, au moins génériquement, avec la forme de Taroudant.

Diagnose du genre *Daguinaspis*. — Cephalon plus ou moins transverse (rapport longueur : largeur, environ 7 à 8 dixièmes); bord antérieur acuminé, donnant au bouclier un aspect cordiforme; pointes génales absentes, région génale très arrondie; glabelle peu saillante, à côtés faisant un angle de 20 degrés environ, étroite (1/3 de la largeur du cephalon au niveau de l'anneau occipital), assez courte (les 3/4 environ de la longueur du cephalon); 3 où 4 sillons glabellaires; sillon occipital bien marqué; bourrelet péricéphalique étroit, limbe assez large; crête oculaire massive, partant de l'extrémité antérieure de la glabelle, se prolongeant par des lobes palpébraux épais, sillonnés, s'arrêtant à une distance du bord postérieur égale à environ la hauteur de l'anneau occipital et très rapprochés du bord latéral; largeur de la joue fixe entre le 1/3 et les 2/5 de la largeur de l'anneau occipital; branche antérieure de la suture faciale absente, ou ankylosée de type *Kjerulfia*; branche postérieure parfois présente, courte; une ligne saillante reliant obliquement la base du premier lobe glabellaire au bord postérieur.

([1]) *Jap. Journ. Geol. Geogr.*, **11**, n° 3, 1934.

([2]) *Mém. Serv. Géol. Indochine*, **1**, fasc. II, 1912.

Rachis thoracique saillant, un peu plus large que les lobes pleuraux; sillon pleural oblique atteignant presque l'extrémité de la plèvre, qui est pointue, incurvée à son extrémité; au moins 12 segments thoraciques (14?).

Telson court, transverse.

LOCALITÉ : Taroudant, Maroc. NIVEAU : abondant au sommet du Cambrien inférieur (couches à *Redlichia*).

GÉNOTYPE : *Daguinaspis ambroggii* Hupé et Abadie, Coll. du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

La présence au Maroc de *Redlichia et Daguinaspis* témoigne d'une extension considérable vers l'Ouest de ce que l'on est convenu d'appeler la Province pacifique. *Redlichia* n'était connu jusqu'ici que de Mandchourie, Chine, Inde, Iran et Australie; la poussée la plus occidentale des Redlichidés s'arrêtait en Palestine (Richter, 1941). L'existence de *Redlichia* au Maroc montre qu'il y a lieu d'envisager, dès le Cambrien inférieur, l'existence d'une Mésogée qui, par la Palestine, l'Iran et l'Inde, se reliait à l'Est au domaine pacifique et se prolongeait probablement loin vers l'Ouest, sous l'Atlantique actuel. Suivant la longitude du Maroc, sa largeur a pu atteindre 1 500 à 2 000^{km}. Elle n'atteint ni l'Afrique Occidentale au Sud, ni la Montagne Noire au Nord, mais est manifeste en Andalousie où les *Dikelocephalidés* décrits par Richter [3], sont, en fait, des Redlichidés.

Le moment exact de l'ouverture de cette Mésogée peut être déterminé avec une assez grande précision. A Taroudant même, les couches sous-jacentes aux schistes à *Redlichia* ont fourni, à 75^{m} environ sous ces derniers, un cephalon de *Callavia* cf. *crosbyi* Walcott, forme incontestablement atlantique. La série intermédiaire n'a pas été prospectée, mais elle correspondrait, *grosso-modo*, au niveau à *Protolenus* qui, en Corée [1], vient juste à la base des *Redlichia* shales et dont l'existence au Maroc a été démontrée par Bondon (1933). *Protolenus* est une forme de la province atlantique, connue en Amérique du Nord, en Grande-Bretagne et en Allemagne. Sa présence simultanée au Maroc et en Corée n'implique pas l'existence d'une Mésogée contemporaine, car il n'a pas été signalé jusqu'ici dans les régions intermédiaires. Jusqu'à plus ample informé, on peut donc fixer l'ouverture de la Mésogée géorgienne à l'extrême sommet de l'étage, probablement à l'époque où, à Comley, se produisait la lacune entre Géorgien terminal et Acadien, signalée par Cobbold, et, dans le massif armoricain, la phase orogénique cadomienne.

---

(3) *Abh. Senck. Naturf.* Ges., 1940, p. 450.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition du péricarpe du fruit de Palme et sur des caractères structuraux conditionnant l'extraction de l'huile par voie humide.* Note de M. **Lucien Kehren**, transmise par M. Émile Roubaud.

Analyse du péricarpe du fruit de l'Elæis, et mise en évidence de la présence de matières pectiques. Observations sur le rôle joué par celles-ci dans les procédés d'extraction de l'huile de Palme, par voie humide. On peut provoquer l'écoulement spontané de 50 % de l'huile totale en traitant le péricarpe, dilacéré et immobile, par de la vapeur saturée.

Le fruit de l'*Elæis Guineensis* (Palmier à huile) est une drupe ovoïde pesant, en moyenne, au Dahomey, de 4 à 6^g. Il est composé de la *noix* contenant l'amande, ou palmiste, du *péricarpe* huileux et fibreux, ou pulpe, de l'*épicarpe* cutinisé riche en tannins et en pigments anthocyaniques dans la variété courante *Nigrescens*. Le *péricarpe* d'où est extraite l'huile de Palme, représente, en poids, 30 à 60 % du fruit. Il est traversé longitudinalement par de nombreuses fibres dures qui en forment l'armature. Le reste du péricarpe est constitué par de nombreuses cellules oléiques, par quelques cellules à oxalate de calcium, disposées en files, et par des faisceaux conducteurs.

Les cellules oléiques sont de forme irrégulière, généralement oblongue, et mesurent, en moyenne, $60 \times 25^{\mu}$; l'épaisseur de leur membrane varie de 1 à 2^{μ} suivant l'endroit. L'huile occupe le centre de la cellule, sous l'apparence d'une flaque continue, de couleur jaune intense, traversée de très minces filaments de cytoplasme. Une pellicule protoplasmique réduite se situe à la périphérie de la flaque d'huile, et paraît être en contact avec la membrane.

Les cellules sont liées entre elles et aux fibres par un ciment intercellulaire pectique, dont la fragilité dépend du degré de maturité des fruits. Nous avons observé également l'importance des matières pectiques dans la structure des membranes cellulaires. En dissolvant la cellulose d'une coupe de péricarpe, à l'aide de la liqueur de Schweitzer, on peut constater que la forme générale des membranes subsiste. En traitant ensuite cette coupe par une solution d'oxalate d'ammonium, on provoque la dislocation totale des tissus.

Le péricarpe de fruits frais mûrs, originaires du Dahomey, est formé en moyenne de 52 % d'huile, de 28 % d'eau et de 20 % de matières résiduelles comprenant les membranes, les débris cellulaires et les fibres. Du point de vue chimique, le péricarpe se révèle comme un milieu complexe, riche en polysaccharides secondaires. Nous avons exprimé les résultats de l'analyse de ses principaux constituants, en pour 100 du poids de péricarpe séché et délipidé. Extrait par l'eau à $95^\circ C = 26$ %. Hémi-celluloses [1], 38 %. Cellulose + lignine [2], 28 %. Azote total, 1,5 %. Cendres, 8,5 %. Le pouvoir réducteur

---

(1) Méthode de G. Bertrand.

(2) Indice formique.

de l'extrait aqueux est de 1,2 %, en glucose, et celui du jus de l'hydrolyse des *glucides facilement hydrolysables* (3), de 15,5 %. On trouve également 2 % de tannins.

La teneur en matières pectiques brutes est de 10 % environ. La pectine libre passe dans l'extrait aqueux, la pectine combinée et l'acide pectique restent dans le groupe des hémi-celluloses. Nous distinguons les composés pectiques suivant leur solubilité, et nous les précipitons, après purification, sous forme de pectate de calcium (4). Nous avons trouvé : 3 % de pectine libre, soluble dans l'eau chaude; 2 % de pectine combinée, soluble dans l'acide oxalique à 0,5 %; 1,5 % d'acide pectique libre et combiné, soluble dans l'oxalate d'ammonium à 0,5 %. Il est à remarquer que la teneur en pectine libre n'est que de 0,9 %, lorsque le fruit est à 25 jours de sa maturité.

Nous avons observé que le péricarpe des fruits de Palme changeait de consistance pendant la maturation, et que la solubilité de la lamelle moyenne augmentait avec la teneur en pectine libre. Quand les fruits sont mûrs, les cellules du péricarpe se disloquent aisément sous une action mécanique faible et un apport d'eau. Mais, par suite de leur élasticité propre et de leur faculté de dipersion, elles s'écrasent avec difficulté et imparfaitement. C'est ce phénomène qui est la cause des rendements instables et insuffisants du procédé courant d'extraction par malaxage-lavage. Dans ce procédé, on malaxe énergiquement les fruits, tout en les arrosant d'eau chaude. L'eau de lavage entraîne de nombreux débris, de l'huile libérée, et des particules gonflées, qui restent en suspension, que l'on appelle les *boues*. Après ébullition de l'eau de lavage, on ne peut décanter que de 60 à 70 % de l'huile totale. Comme le démontre l'examen microscopique, de nombreuses cellules oléiques, isolées et intactes, se trouvent dans les boues, et l'huile qu'elles renferment devient pratiquement inrécupérable.

Nous avons découvert qu'une membrane de parchemin, enduite de matières pectiques extraites du péricarpe et déshydratées, empêchait tout passage d'huile, même aux températures supérieures à 100°C. Le colmatage reste aussi efficace si l'on humidifie le gel pectique, et si l'on opère à une température inférieure à 90°C. Mais, en maintenant le gel pectique en atmosphère légèrement humide, on constate qu'au-dessus d'une température de 90°C, l'huile s'écoule facilement, en déplaçant le gel pectique. Nous avons constaté de même que si l'on traitait des fruits d'Elæis aux péricarpes dilacérés, en vase clos, par de la vapeur saturée, il s'écoulait spontanément une fraction importante de l'huile. Cet écoulement d'huile est conditionné par les mêmes facteurs cités plus haut : légère humidité ambiante, température supérieure à 90°C. Des essais systématiques nous ont montré que c'était la vapeur saturée, à 105°C,

(3) Méthode de G. Bertrand.

(4) Méthode de Nanji et Norman.

qui restait l'agent le plus efficace et le plus pratique pour provoquer cet écoulement d'huile.

La dilacération préalable des péricarpes doit être assez faible pour éviter la dislocation générale de la lamelle moyenne. Dans ces conditions, et en traitant une masse immobile de fruits dilacérés, on observe, sous l'effet de la vapeur saturée, pendant les premières 45 minutes, un écoulement spontané d'huile représentant de 50 à 60 % de l'huile totale. L'huile restante peut être ensuite facilement récupérée par entraînement à l'eau chaude; on peut aussi utiliser une presse continue de faible puissance. L'extraction ainsi complétée permet d'atteindre un rendement final de 90 % de l'huile totale, avec des moyens particulièrement économiques.

ZOOLOGIE. — *Bipartition et morphogénèse chez* Tillina magna (*Cilié holotriche trichostome*). Note de M. **Michel Tuffrau**, présentée par M. Maurice Caullery.

La morphologie comparée des Ciliés, telle que l'on peut la fonder aujourd'hui sur l'étude des infraciliatures révélées par la technique d'imprégnation à l'argent, montre que, parmi les Holotriches, le sous-ordre des *Trichostomata*, tel qu'il est compris dans les classifications récentes (1), est hétérogène (2); et que de nouvelles informations sont nécessaires concernant différentes espèces caractéristiques de ce groupe.

Tillina magna, espèce facile à cultiver et de taille assez grande (100 à 200^{μ}), fournit un matériel favorable pour une nouvelle étude de la stomatogénèse (3).

L'Infusoire, dans son ensemble (*fig.* 1), offre un aspect caractéristique, réniforme, dominé par la torsion générale du corps, le pôle antérieur se trouvant déjeté sur la droite, tandis que le lobe postérieur, assez considérable, s'arrondit plutôt sur la gauche; il en résulte une allure hélicoïdale très marquée, accentuée par la dépression profonde du vestibule prostomien.

Les cinéties méridiennes, qui parcourent toute la surface dorsale et latérale droite en épousant la torsion du corps, s'affrontent au pôle antérieur en une conjonction linéaire bien caractérisée. Les autres, après un recourbement autour du lobe postérieur et du côté gauche, plongent au fond du vestibule

(1) Celle de A. Kahl (1935) par exemple.

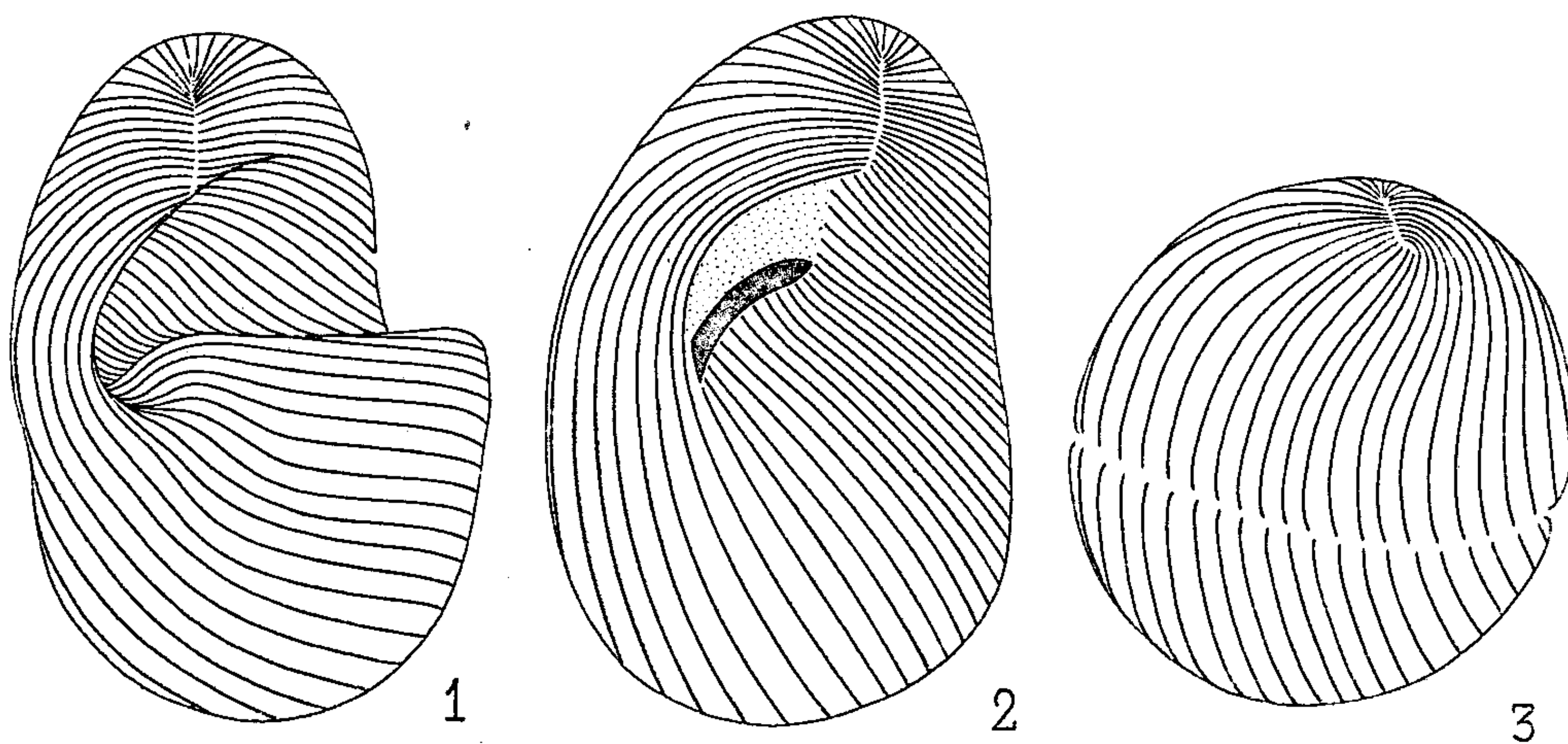
(2) E. Fauré-Fremiet, *Morphologie comparée des Ciliés Holotriches Trichostomata et Hymenostomata* (*XIIIe Congrès Internat. de Zool.*, 1948); *Morphologie comparée et systématique des Ciliés* [*Soc. Zool. de France*, 1950 (sous presse)].

(3) La technique utilisée pour l'imprégnation argentique de l'infraciliature est celle de Chatton et Lwoff.

d'abord en direction oblique, puis perpendiculairement à l'axe, pour remonter ensuite jusqu'au pôle antérieur.

Toutes ces cinéties se rejoignent vers le pôle postérieur situé dorsalement, et semblent se désorganiser en approchant du centre, où leurs cinétosomes se trouvent finalement dispersés au hasard.

Les cinéties qui plongent au fond du vestibule vers la région buccale se terminent les unes sur le bord d'un petit champ pré-oral nu, les autres au niveau d'une formation ectoplasmique : la bandelette orale.



Cette disposition ne comporte pas la différenciation d'une ciliature proprement buccale, puisque la ciliature du vestibule, qui précède la bouche, est constituée par l'extrémité antérieure d'un certain nombre de cinéties somatiques ventrales.

L'observation de cette ciliature est facilitée si l'on efface la torsion (*fig.* 2) en provoquant un gonflement précytolytique de l'Infusoire ([4]).

La bandelette orale apparaît légèrement arquée, d'apparence rigide, probablement striée transversalement; elle n'est pas ciliée et paraît être de nature squelettique.

La simplicité de cet aspect buccal est encore accusée par les processus de la morphogenèse, au cours des deux bipartitions successives subies par un individu préalablement enkysté.

Une simplification morphologique intervient au début de l'enkystement (*fig.* 3), procédant d'une dévagination complète de la cavité vestibulaire, accompagnée d'une involution progressive de la bandelette orale et d'un effacement de toute la disposition ciliaire prostomienne. De ce fait, l'infraciliature est sensiblement bipolaire lorsque commence la première division,

([4]) Action ménagée de l'alcool ou demi-dessiccation.

qui s'effectue par scission *percinétienne*, sans aucune apparence d'ébauche buccale.

La seconde division se produit sans réorganisation intermédiaire, et c'est seulement quand les quatre tomites de structure bipolaire sont séparés, que se reconstitue, sur chacun d'eux, le vestibule prostomien, par un mécanisme complexe de torsion due à l'accroissement dissymétrique et allométrique des cinéties dorsales et latérales droites. Simultanément, la bandelette orale se précise à partir du pôle antérieur, puis s'accroît en s'organisant jusqu'à l'achèvement de l'invagination que complète le remaniement en nombre de quelques cinéties somatiques.

Par le mécanisme de sa stomatogenèse, *Tillina magna* se rapproche des Infusoires trichostomes à structure plus simple, tel que *Plagiopyla marina*, dont la bandelette striée, bien que décrite dans une situation assez différente, est très probablement assimilable à la bandelette orale.

Par contre, Taylor et Garnjobst ont montré, chez *Colpoda duodenaria*, au cours de la bipartition, un phénomène plus complexe, sorte d'ébauche d'une infraciliature buccale qui esquisse déjà une différenciation stomatogène inconnue chez *Tillina*.

Tillina magna s'apparenterait donc, dans une certaine mesure, aux formes à structure prostomienne dont on peut supposer le caractère primitif, qu'elles soient typiques comme *Cœlosomides* et *Pseudoprorodon*, ou déjà déformées comme *Plagiopyla*.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Intervention de la sécrétion thyroïdienne dans le réveil printanier de l'hématopoïèse chez* Rana temporaria *L.* Note de Mlle **Lucie Arvy**, présentée par M. Louis Fage.

La castration de la Grenouille, faite en pleine hibernation, ne s'oppose pas au réveil printanier de l'hématopoïèse; ce réveil a lieu chez les castrats dans les mêmes délais et suivant les mêmes modalités que chez les mâles. Le déterminisme de cette activation printanière des organes hématopoïétiques ne relève donc pas de la gonade, mais de la thyroïde; en effet, cette dernière glande présente, chez les castrats, une activation identique à celle que l'on observe chez les mâles.

Les recherches classiques de Welcker ([1]), Bizzozero ([2]), Marquis ([3]), Gaupp ([4]) démontrent l'existence d'une activation printanière de l'hématopoïèse chez la Grenouille. En effet, les organes hématopoïétiques de la Grenouille d'hiver ne présentent aucun signe d'activité et l'examen morphologique du sang ne montre aucun signe de rénovation. Le réveil printanier est

(1) *Henle u. Pfeuffners Zschr.*, 20, 1864, p. 218.

(2) *Virchow's Archiv*, 90, 1892, p. 261.

(3) *Thèse Dorpat*, 1892.

(4) *Anatomie des Frosches*, Berlin, 1904.

marqué par une poussée d'éléments immatures au niveau de la moelle osseuse et de la rate, par l'apparition de foyers hématopoiétiques sous la capsule et entre les tubes du rein, par l'augmentation du nombre des éléments figurés du sang circulant et le passage dans la circulation périphérique, d'érythroblastes polychromatophiles ou même basophiles.

Nos connaissances sur le déterminisme endocrinien de ce réveil printanier de l'hématopoïèse sont très fragmentaires. En effet, Jordan et coll. ([5]), qui insistent sur l'état hypoplastique de la moelle osseuse chez la Grenouille d'hiver, ne tentent de la stimuler qu'au moyen d'hémorragies, d'injections de saponine ou d'extraits hépatiques. Bossak et coll. ([6]), qui expérimentent sur *Rana pipiens*, étudient les modifications du sang circulant, de la moelle fémorale et de la rate chez des grenouilles maintenues en état d'hibernation. Ces auteurs constatent que les injections d'hormones œstrogènes n'ont aucune action sur l'hématopoïèse de la Grenouille d'hiver, ♂ ou ♀; par contre, la testostérone ou la thyroxine déterminent une activation nette.

Nous avons montré ([7]) que l'injection de thyroxine à des grenouilles d'hiver castrées déterminait, à une époque de l'année où le sang circulant et les organes hématopoiétiques des castrats ne présentent aucune activation, une augmentation nette du nombre des éléments figurés du sang ainsi que l'apparition de foyers hématopoiétiques dans la rate et dans le rein. Cette expérience démontre qu'une activation indiscutable de l'hématopoïèse peut se produire, chez *Rana temporaria*, en l'absence du testicule. Il y avait donc lieu de rechercher si la présence du testicule était indispensable au réveil printanier normal de l'hématopoïèse. A cet effet nous avons autopsié, à intervalles réguliers, entre le 20 février et le 4 mai, des grenouilles maintenues à une température supérieure de 2° à la température extérieure, dans une pièce non chauffée, les unes étant entières, les autres ayant été castrées le 23 décembre. L'examen a porté sur le sang circulant sur la moelle tibiale, la rate et le rein. Les données d'ordre hématologique et l'examen histologique concordent en tous points et prouvent que le réveil printanier de l'hématopoïèse se produit chez la grenouille castrée avec les mêmes modalités et dans les mêmes délais que chez la Grenouille entière; la poussée érythroblastique et myéloïde de la moelle osseuse, les foyers hématopoiétiques rénaux et spléniques sont aussi importants chez les castrats que chez les mâles maintenus dans les mêmes conditions de température et d'humidité. L'examen de sang ne montre pas, non plus, de différences supérieures à la marge d'erreur individuelle entre les animaux des deux lots.

Il résulte de ces faits que le réveil printanier de l'hématopoïèse chez la Grenouille peut se produire en l'absence de testicule. Ce fait ne manque pas

---

([5]) *Anat. Rec.*, **54**, 1932, p. 48.
([6]) *J. exp. Zoology*, **109**, 1948, p. 13.
([7]) *C. R. Soc. Biologie*, **143**, 1949, p. 364.

de surprendre lorsqu'on tient compte du rôle important que joue le testicule dans le conditionnement de l'hémogramme chez les Mammifères et chez les Oiseaux. Ayant montré que l'intervention des gonades dans le conditionnement de la morphologie sanguine se faisait par un mécanisme indirect, thyroïdien ([8]), nous avons été amenée à rechercher des modifications éventuelles de la glande thyroïde chez les grenouilles entières et castrées en état d'hibernation et de réveil printanier. Le résultat de l'examen histologique, rapporté dans un travail antérieur ([9]), explique la contradiction apparente entre le comportement des homéothermes et celui de la Grenouille : en effet, le réveil printanier de l'hématopoièse chez la Grenouille est contemporain d'une activation thyroïdienne qui se produit aussi bien chez le mâle que chez le castrat.

La différence de comportement entre la Grenouille et les homéothermes étudiés à cet égard se résume donc à un équilibre différent des corrélations endocriniennes. La castration qui, chez les Mammifères et chez les Oiseaux, provoque une mise au repos de la glande thyroïde, n'empêche pas l'activation printanière de la glande thyroïde chez la Grenouille. On comprend que dans ces conditions, le réveil printanier de l'hématopoièse puisse se produire chez le castrat comme chez le mâle.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les processus histologiques de la régression des canaux de Muller chez l'embryon de Poulet mâle.* Note de M. **Étienne Wolff** et Mlle **Yvonne Ostertag**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude macroscopique de l'évolution des canaux de Muller montre que ces conduits s'amincissent chez le mâle entre le 9e et le 13e jour de l'incubation. Devenus filiformes à ce stade, ils disparaissent généralement au cours du 13e jour. Pendant cette période, ils continuent cependant à croître en longueur au même rythme que le tractus génito-urinaire. Il est généralement admis que le stade décisif de la régression correspond au 13e jour de l'incubation.

Des recherches expérimentales récentes ont montré que la détermination mâle ou femelle des canaux, c'est-à-dire leur atrophie ou leur maintien, est acquise bien avant ce stade. Et. Wolff et Em. Wolff (1947) ([1]) ont montré qu'après le 6e jour, les injections d'hormone femelle ne peuvent plus arrêter la régression des canaux de Muller chez le mâle. D'autre part les techniques d'explantation *in vivo* ([2]) et *in vitro* ([3]) ont permis d'établir que la régression

([8]) *Thèse Doct. ès Sciences,* Paris, 1947.
([9]) *Experientia* (sous presse).

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 415.
([2]) Et. Wolff et Y. Ostertag, *Ibid.*, **143**, 1949, p. 866-869.
([3]) Et. Wolff, Y. Ostertag et D. Pfleger, **229**, 1949, p. 1263; *C. R. Soc. Biol.,* séance du 17 décembre 1949.

des canaux de Muller mâles se poursuit hors de l'embryon, s'ils sont prélevés après le 8e jour. Il semble même que, dans les explantations *in vitro*, la régression commence dès le stade de l'explantation, précédant de plusieurs jours le stade de la régression normale. Nous avons montré qne ce phénomène est comparable à un processus de digestion. Ces données nous ont amenés à étudier de plus près les processus histologiques de la régression des canaux de Muller.

Avant le 8e jour, les canaux de Muller mâles et femelles ont le même aspect : un conduit cylindrique bordé par un épithélium unistratifié à cellules hautes et cylindriques. Entre le 8e et le 10e jour, on voit se produire chez le mâle un phénomène à évolution très rapide : l'épithélium du canal entre en nécrose et disparaît à peu près complètement. On trouve des cellule en pycnose aussi bien dans la lumière du canal que dans les débris de l'épithélium et dans la tunique conjonctive. Au début du 10e jour, il ne subsiste pratiquement rien des canaux de Muller proprement dits : on ne voit plus ni lumière, ni épithélium du canal. Seuls de courts tronçons dont la lumière est très resserrée subsistent parfois aux extrémités ou sur le trajet des anciens canaux.

Mais le cordon mésenchymateux qui constituait la tunique du canal et le méso qui l'attache au canal de Wolff ou au mésonephros subsistent jusqu'au 13e jour et en imposent extérieurement pour un canal de Muller. C'est en réalité un cordon *plein*, contenant du tissu conjonctif lâche; il est entouré d'un épithélium cœlomique qui continue à montrer, sous forme de plis et de digitations, des tendances à la prolifération.

Le méso, dont le diamètre est parfois plus grand que celui du cordon, communique largement avec la tunique conjonctive du canal de Wolff. Dans la suite de développement, méso et cordon diminuent de volume et paraissent être intégrés par cette tunique. Il est prématuré de dire s'il s'agit d'une atrophie réelle ou d'une fusion avec les tissus du canal de Wolff.

La régression des canaux de Muller s'effectue donc en deux phases. La première, qui se déroule très rapidement et a pour conséquence la destruction du canal proprement dit, suit de près la différenciation sexuelle des gonades. De nombreuses expériences ont établi que la régression des canaux de Muller est contrôlée par l'hormone mâle de l'embryon [expériences de greffes cœlomiques, de castrations embryonnaires (4)]. Les résultats présents tendent à confirmer que les premières sécrétions hormonales sont contemporaines de la différenciation sexuelle des gonades et soulignent l'importance de cette phase de développement dans la détermination des caractères sexuels primaires.

Conclusion. — La régression des canaux de Muller de l'embryon mâle de Poulet s'effectue en deux temps. Au cours d'une première phase, qui se situe

---

(4) Et. Wolff, *Arch. d'Anat. microsc. et de Morph. exp.*, 36, 1947, p. 69-91 ; *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1949, p. 1239-1241.

vers le 9e jour de l'incubation, le canal de Muller proprement dit subit la nécrose. Cette phase suit de près la différenciation sexuelle des gonades. Une deuxième phase s'achève au 13e jour et aboutit à la résorption du cordon plein qui garde l'aspect macrocospique du canal de Muller, mais n'est en réalité qu'une maquette conjonctive.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Action du propionate de testostérone dans la différenciation du sexe chez* Discoglossus pictus *Otth.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le propionate de testostérone qui, chez les *Ranidæ*, masculinise totalement la gonade, à doses très faibles, se montre sans action pour des doses 1000 fois plus élevées chez le Discoglosse. Aux fortes doses, cette hormone exerce même une faible action gynogène de type paradoxal. L'hormone mâle provoque, dans le cas du Discoglosse, le développement d'une callosité chez le Têtard. La réaction du canal de Wolff est faible.

On sait que, chez les Amphibiens Anoures, le propionate de testostérone manifeste, chez les *Ranidæ*, une action masculinisante absolue et permanente, lorsqu'on l'administre au cours de la vie larvaire pendant la différenciation du sexe. Ce résultat, obtenu initialement chez *Rana temporaria* (Gallien, 1937), a été retrouvé chez de nombreuses autres espèces de *Ranidæ*.

Les doses auxquelles cette hormone se montra active sont remarquablement faibles. Mintz et Witschi (1946), puis Mintz (1948), ont constaté, chez *Rana sylvatica*, que la dose de 1 γ/l d'eau des bacs d'élevage représentait le seuil inférieur pour lequel on obtenait une action masculinisante totale chez les *Ranidæ*.

Nous avons éprouvé cette hormone chez un Anoure d'une autre famille, *Discoglossus pictus* Otth. (*Discoglossidæ*), en vue d'apprécier le rôle que joue la spécificité zoologique dans l'action de l'hormone mâle sur les différents territoires de la sphère sexuelle.

Protocoles expérimentaux. — Une série de 110 témoins nous donne à la métamorphose 58 ♀ ♀ ; 52 ♂ ♂, ce qui établit le caractère différencié de la race en cause.

Quatre séries de chacune 30 têtards sont constituées. Le proponiate de testostérone est administré en solution hydro-alcoolique aux concentrations respectives de 2, 10, 500, 2000 γ/l d'eau des bacs d'élevage. L'eau et l'hormone sont renouvelés tous les 3 jours.

Dans deux autres séries de 40 et 30 têtards, l'hormone est administrée en solution huileuse. Chaque têtard a reçu en moyenne respectivement 70^{γ} et 200^{γ} de proponiate de testostérone pendant la vie larvaire.

La mortalité a été faible. Pour l'ensemble des séries, sur 190 têtards traités, 177 ont pu être étudiés à la métamorphose.

Résultats. — Gonade : le fait fondamental qui se dégage de ces expériences est, pour toutes les séries, l'action à peu près nulle de l'hormone mâle sur la différenciation sexuelle de la gonade. Au total, nous obtenons 78 ♀ ♀ : 97 ♂ ♂. La légère différence observée dans la *sex-ratio* n'est pas significative. Par exemple, pour les séries traitées par des doses élevées, nous trouvons 10 ♀ ♀ : 17 ♂ ♂ (dose 500$^{\gamma}$) et 15 ♀ ♀ : 10 ♂ ♂ (2000$^{\gamma}$). Deux points sont cependant à signaler. Les femelles ont des ovaires typiques, mais leur différenciation est moins avancée dans son ensemble que celle des témoins. On observe surtout des figures de préméiose et peu d'auxocytes. Tout se passe comme si l'hormone mâle avait légèrement freiné la différenciation ovarienne, sans en altérer la qualité.

Les testicules sont eux aussi typiques dans toutes les séries, sauf dans la série traitée par des doses de 2000 γ/l. Là, sur 10 mâles observés, 5 possédaient des testicules normaux, cependant que 5 autres mâles manifestaient une légère trace d'action gynogène. En effet, chez ces animaux, si la gonade a une structure testiculaire dans sa plus grande partie, on trouve, à son apex et sur quelques coupes, 3 à 4 auxocytes ou ovocytes en préméiose. Ces figures traduisent donc, pour cette concentration, une légère action amphi-sexuelle de l'hormone mâle.

Sous cette réserve, on peut donc conclure que le propionate de testostérone n'altère pas la différenciation du sexe génétique chez *D. pictus*.

L'hormone mâle agit sur les caractères sexuels somatiques. On provoque notamment le développement d'une callosité dans les séries traitées par les solutions huileuses (70$^{\gamma}$ et 200$^{\gamma}$); dans les séries traitées par les solutions hydroalcooliques, cette callosité se développe pour les concentrations de 500 et 2000 γ/l. Elle est nulle pour 2 et 10 γ/l.

Le canal de Wolff présente une légère hypertrophie. Celle-ci n'est guère appréciable que dans la région postérieure du canal, celle qui est comprise entre le rein et le cloaque. Nous avons noté cette réaction après traitement par les solutions huileuses et, en ce qui concerne les solutions aqueuses, pour les concentrations de 500 γ/l et 2000 γ/l.

Ces observations établissent que, dans l'action du propionate de testostérone, la nature de l'espèce éprouvée joue un rôle considérable. La réaction de la gonade est particulièrement significative. Alors qu'une dose de 2$^{\gamma}$ est masculinisante chez les *Ranidæ*, une dose 1000 fois plus élevée est incapable d'altérer le sexe des femelles génétiques chez *D. pictus* et, chez les mâles génétiques, on observe au plus et aux très fortes doses une légère action gynogène de type paradoxal.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'emploi des lois de Poisson et de Crozier dans l'interprétation des statistiques de seuils visuels.* Note de M. **Ernest Baumgardt**, transmise par M. Jean Becquerel.

La loi de Poisson spécifie qu'un événement fortuit et relativement rare, de fréquence moyenne m, est caractérisé par sa fréquence réelle k de probabilité

$$p(k, m) = e^{-m}\frac{m^k}{k!} \qquad (k = 0, 1, 2, 3, \ldots; m > 0). \tag{1}$$

Quand on a affaire à un très faible flux de quanta lumineux, l'emploi de la formule de Poisson devient licite. Soit n le nombre minimum de quanta devant être absorbés efficacement par les récepteurs rétiniens pour donner lieu à une sensation liminaire; la probabilité p de *voir* un bref éclat qui *en moyenne* provoque l'absorption de m photons, devient dans ce cas

$$p(n, m) = e^{-m}\sum_{k=n}^{k=\infty}\frac{m^k}{k!} \qquad (k = 0, 1, 2, 3, \ldots, m > 0) \tag{2}$$

tout éclat provoquant l'absorption de moins de n photons n'étant pas vu.

De nombreuses mesures du seuil absolu réalisées au moyen de techniques très diverses, ont fourni des résultats concordants; il suffit de 25 à 125 quanta incidents sur la cornée pour déclencher la sensation liminaire. Nos connaissances sur le mécanisme de la photolyse du pourpre rétinien nous amènent à conclure que le nombre de quanta absorbés efficacement dans les bâtonnets est égal ou supérieur à 2 et probablement inférieur à 8 (Hecht, Shlaer et Pirenne, 1942).

Physiologiquement, $n < 2$ est inadmissible; sans parler de la solution $n = 0$, $n = 1$ exclurait toute dépendance du seuil avec la surface stimulée, ce que l'expérience contredit formellement.

Appelons courbe de fréquence de réponses *vu* la courbe qui a comme ordonnées le pourcentage d'éclats vus et comme abscisses l'intensité lumineuse stimulante moyenne m, exprimée en unités de seuils (le seuil correspondant à l'ordonnée 50 %).

Cette courbe de fréquence a été interprétée de deux manières :

1° comme due à la fluctuation de sensibilité du sujet ou

2° comme due à la fluctuation d'un faible flux de photons.

En l'assimilant à l'intégrale normale d'une probabilité de réponse des éléments nerveux, on constate que l'écart-type de la courbe gaussienne hypothétique de réponses varie, dans de très larges limites, autour de 0,5 fois sa moyenne, c'est-à-dire la valeur du seuil; cette valeur numérique, α, est appelée constante de Crozier, bien qu'elle varie d'un sujet à l'autre et, pour un sujet donné, d'un jour à l'autre, entre 0,35 et 0,7 environ.

Dire que la courbe de réponses d'un sujet donné indique une certaine valeur de α, ou dire qu'elle indique une certaine valeur de n revient donc au même, avec la seule différence que la fluctuation du nombre de quanta constitue un fait acquis, la valeur de n, calculée sur la base de mesures physiques, semblant se situer entre 2 et 8, tandis que l'interprétation conduisant à la définition de α est dénuée de tout fondement expérimental et est purement spéculative.

En effet, la fonction de Poisson est caractérisée par la relation $\sigma^2 = m$, σ étant l'écart étalon, m la moyenne; et $\alpha = \sigma/m$, par définition. D'où $m = 1/\alpha^2$, aisément vérifié sur les courbes de réponses obtenues par Hecht, Schlaer et Pirenne, par van der Velden, par Baumgardt et même sur celle publiée par Blackwell (1946), moyenne d'un très grand nombre de courbes individuelles.

On peut pourtant essayer d'interpréter la distribution statistique des réponses comme résultante des fluctuations des quanta lumineux et des fluctuations instantanées éventuelles de la sensibilité du sujet, en posant [1]

$$(3)\quad \begin{cases} p = e^{-m}\displaystyle\sum_{k=0}^{k=\infty}\frac{m^k}{k!}\mathrm{P}(k) & (k=0,\ 1,\ 2,\ 3,\ \ldots,\ m>0), \\ \mathrm{P}(k) = \dfrac{1}{\sqrt{\pi}}\displaystyle\int_{-\infty}^{\gamma} e^{-x^2}\,dx, & \gamma = \dfrac{k-k_0}{\alpha\sqrt{2\,k_0}}. \end{cases}$$

$\mathrm{P}(k)$ désignant la probabilité de percevoir un éclat de k photons efficacement absorbés. Ignorant tout de la fonction $\mathrm{P}(k)$, on est tout naturellement amené à la représenter par une intégrale normale de probabilité; mais il est inadmissible de définir cette intégrale par le coefficient α de Crozier, car α caractérise *entièrement* la courbe de fréquence de réponses *vu*, celle-ci étant ainsi interprétée comme due aux seules fluctuations d'ordre sensoriel, en contradiction avec l'hypothèse que traduit la relation (3). On combine donc l'effet quantique avec une fonction $\mathrm{P}(k)$ qui, en réalité, tient déjà compte de cet effet, d'où le résultat étonnant qu'une courbe dont la pente indique $n = 2$, correspondrait au couple $n = 5$; $\alpha = 0,5$.

Le coefficient de Crozier, lié à la nature quantique du mécanisme de l'excitation rétinienne et, peut-être, également à une fluctuation de sensibilité des récepteurs, ne permet pas de départager ces deux effets. D'un autre côté, les courbes de réponse font intervenir des fluctuations *lentes* à des niveaux supérieurs, d'où des n (ou des α) variables; elles ne peuvent donc pas servir à la détermination précise de n.

Par contre, la variation du seuil avec l'aire rétinienne stimulée en fournit un moyen sûr. En effet, si n varie d'un sujet à l'autre et pour un sujet donné, d'un jour à l'autre, la loi de Piper valable pour la vision par les cônes extrafovéaux et reliant le seuil absolu i à la surface rétinienne stimulée S, ($i \times \mathrm{S}^{0,5} = \text{const.}$)

---

[1] Y. LE GRAND, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1089.

est toujours *rigoureusement* vérifiée. On sait que cette loi conduit nécessairement à la valeur $n=2$, au niveau de la réception rétinienne, n étant le nombre minimum de photons efficacement absorbés ou, en s'exprimant de la manière la plus générale possible, le nombre minimum d'événements élémentaires devant être réalisés pour permettre l'envoi d'un influx (ou d'une volée d'influx) vers les centres. On en conclut ([2]) que les statistiques de réponses *vu* et *non vu* fournissent une *limite supérieure* pour n, par suite de fluctuations lentes à des niveaux supérieures (probablement au niveau perceptif), dues, par exemple, à l'inattention, à des soucis, aux stimulants, à la fatigue musculaire ou intellectuelle, à la douleur, etc., la valeur de n étant bien égale à 2 au niveau rétinien.

Dans une publication ultérieure, je traiterai la relation entre courbes de réponse, loi de Poisson et loi de Crozier pour des seuils sensoriels autres que celui de la vision.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur le Héron nocturne* (Nycticorax fenensis nov. spec.) *des tourbières anciennes du Cambridgeshire* (*Angleterre*). Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Description d'une nouvelle espèce fossile de Héron nocturne, *Nycticorax fenensis*, des tourbières quaternaires des environs de Cambridge.

Au Sedgwick Museum de Cambridge, j'ai eu l'occasion d'étudier de nombreux restes de l'Oiseau des tourbières anciennes du Cambridgeshire ([1]) rapporté, en 1869, par A. Milne Edwards, au Grand Butor (*Botaurus stellaris* L.).

Mes recherches permettent d'affirmer que si, par toute son ostéologie, cet Oiseau du fen (marais) était bien un Ardéidé, par son bec, que ne connaissait pas A. Milne Edwards, il n'était nullement un Butor. En effet, Buffon disait déjà : « le bec du Butor est de la même forme que celui du Héron ». Ce n'est pas le cas de notre fossile, dont le maxille, relativement court et épais, est courbé vers le bas, dans son tiers distal, comme chez le *Nycticorax* (*fig.* 1), et non pas droit et effilé, comme chez le Butor.

Les os des membres, que A. Milne Edwards n'avait pas davantage pu observer dans leur ensemble, viennent confirmer ce que nous apprend le crâne : la forme du bassin, les proportions des diverses parties de l'aile et de la patte, la morphologie des os longs éloignent également notre fossile du Butor pour le rapprocher du *Nycticorax*. Cependant, l'Oiseau du fen était beaucoup plus volumineux que le *Nycticorax* de nos pays, avec une tête relativement petite.

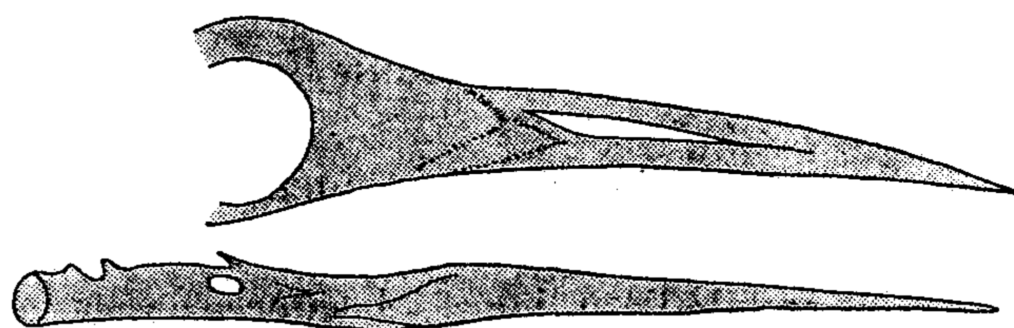
([2]) E. Baumgardt, *Rev. d'Opt.*, 28, 1949, p. 453-479.

([1]) Tourbières généralement rapportées à la période du Quaternaire qui s'étend du Paléolithique terminal au Néolithique.

Rappelons que J. Lee Peters (1931) admet seulement deux espèces actuelles de *Nycticorax* :

1. *Nycticorax nycticorax* L. des régions tempérées et chaudes d'Europe, d'Asie, d'Afrique et d'Amérique, connu aussi dans le Pléistocène d'Amérique du Nord (Floride, Californie, Mexique).

2. *Nycticorax caledonicus* Gm. des Philippines, d'Océanie et d'autres îles du Pacifique, qui comporte diverses variétés de grande taille.



Nycticorax fenensis nov. spec. jeune presque adulte. Reach fen, 1901. Collections du Sedgwick Museum de l'Université de Cambridge. Partie antérieure du crâne (n° 753) et mandibule (n° 790(, face latérale droite. Schéma $^3/_4$ de la grandeur naturelle.

Enfin, un Héron nocturne éteint, le *Nycticorax megacephalus* Günther et Newton, a été décrit du Pléistocène et de l'Holocène de l'île Rodriguez.

L'Oiseau du fen, nous l'avons dit, s'éloigne du *Nycticorax nycticorax* par les dimensions considérables de ses membres; il s'éloigne aussi du *Nycticorax megacephalus*, par sa tête relativement petite. Ces caractères le rapprochent, au contraire, du *Nycticorax caledonicus*.

Je regrette de n'avoir pu me procurer, ni dans les Collections de Londres, ni dans celles de Paris, un squelette entier de *Nyctieorax caledonicus*, forme certainement la plus voisine de notre fossile. Il semble très improbable que l'espèce d'Océanie ait été répandue en Grande-Bretagne, à l'époque préhistorique; l'Oiseau du fen est, sans aucun doute, une forme éteinte. Je la rapporte au genre *Nycticorax* et lui donne le nom spécifique de *fenensis*, afin de rappeler le gisement du Cambridgeshire d'où elle provient.

Le *Nycticorax nycticorax*, Bihoreau ou Héron nocturne, est fréquent, de nos jours, en Angleterre comme en France, dans les bois et les buissons proches des marais et des lagunes; inactif durant le jour, il sort, la nuit venue, pour gagner la mare ou le rivage qui lui convient. Quoique de passage seulement, il niche assez souvent dans nos pays. La paléobotanique du fen prouve que des conditions de vie très comparables ont dû s'offrir, autrefois, à notre Héron nocturne; lui aussi nichait en Angleterre, comme le montre bien la présence d'un jeune dans les Collections du Sedgwick Museum.

Les nombreux Oiseaux des tourbières anciennes du Cambridgeshire se rencontrent presque tous, aujourd'hui encore, sur les côtes orientales de l'Angleterre. Cependant, le grand *Nycticorax*, déterminé, pour la première

fois, ici, de même que le grand Pélican du fen (A. Milne Edwards, 1868), est une forme complètement éteinte.

La présente Note est préliminaire d'un Mémoire sur l'anatomie du *Nycticorax fenensis* qui, très prochainement, sera publié dans les *Proceedings of the Zoological Society of London.*

ANATOMIE COMPARÉE. — *Détermination du degré d'organisation anatomique de l'appareil de la morsure chez les Ophidiens et son utilité en systématique.* Note de M. **Jean Anthony**, présentée par M. Louis Fage.

L'appareil de la morsure représente certainement, chez les Ophidiens, l'ensemble anatomique le plus complexe et le plus hautement spécialisé de l'économie. J'ai eu l'occasion de l'étudier ces dernières années chez les Serpents de l'Amérique du Sud et je me suis efforcé de symboliser par quelques traits les différentes étapes de sa progression. Les Systématiciens ont consacré depuis longtemps l'importance de la morphologie dentaire en créant les quatre sous-ordres des Solénoglyphes, à dents venimeuses canaliculées: des Protéroglyphes et des Opisthoglyphes possédant respectivement à l'extrémité antérieure et à l'extrémité postérieure du maxillaire supérieur, des dents venimeuses cannelées; enfin des Aglyphes, non venimeux, à dents pleines et lisses. Mais il est possible, ainsi que l'avait déjà suggéré Mme M. Phisalix, de rendre compte avec bien plus de précision des transformations que l'on observe, de l'état primitif du Boa jusqu'à la perfection du système inoculateur de la Vipère, en examinant les autres éléments, squelettiques ou non, qui concourent à la capture de la proie et à l'injection du venin.

L'évolution anatomique de l'appareil de la morsure chez les Serpents me semble relever de trois facteurs conjugués :

1° L'acquisition de dents venimeuses de plus en plus perfectionnées, selon les notions classiques.

2° L'acquisition d'une mobilité de plus en plus grande du palais, phénomène dont le trait le plus caractéristique réside dans le raccourcissement progressif du maxillaire avec obtention du mouvement de bascule qui assure la protraction du crochet venimeux.

3° L'acquisition d'une dilatabilité de plus en plus grande de la bouche dans le sens transversal, directement conditionnée par un allongement du quadratum.

Le premier de ces trois facteurs s'accompagne de la constitution de la gaine des crochets et de l'individualisation de la glande venimeuse; le second, d'un développement des muscles du palais avec allongement de l'os transverse et évidemment de la base du crâne; le troisième, d'une diminution de volume des muscles actionnant la mandibule dans le sens vertical (digastriques et tempo-

raux) et d'une diminution de longueur de l'os squamosal. En somme, leurs modifications reflètent assez bien celles de l'ensemble.

J'ai chiffré dans une statistique que j'exposerai et commenterai prochainement le raccourcissement du maxillaire supérieur et l'allongement du quadratum en calculant les deux indices suivants :

$$\text{Rapport maxillo-transverse} = \frac{\text{longueur du maxillaire} \times 100}{\text{longueur du transverse}}$$

$$\text{Rapport quadrato-squamosal} = \frac{\text{longueur du quadratum} \times 100}{\text{longueur du squamosal}}$$

Le rapport maxillo-transverse oscille autour de 250 dans la famille des *Boïdæ*. Il diminue graduellement, à mesure qu'on s'adresse à des types plus évolués, pour descendre en définitive à 45 environ chez les *Viperidæ*. Les valeurs du rapport quadrato-squamosal s'échelonnent dans la même série entre 80 et 220. L'un des faits les plus curieux qui se dégagent de la comparaison des deux rapports est l'indépendance éventuelle de leurs modifications. Alors qu'en général ils s'améliorent parallèlement, ce qui laisserait supposer entre eux une étroite solidarité, il arrive que, dans une catégorie assez vaste, l'un d'eux se montre beaucoup plus avancé que l'autre : je citerai comme exemple les Protéroglyphes, qui se placent nettement au-dessus des Opistoglyphes par leur rapport maxillo-transverse, tandis que la longueur relative de leur quadratum demeure aussi faible que chez plusieurs Aglyphes. L'appareil de la morsure, par conséquent, ne se comporte pas comme un tout, soumis à un rythme évolutif homogène, mais il peut à l'occasion subir une dissociation de certains caractères, d'où il résulte une altération dans la progression de l'ensemble.

Dès l'instant qu'elles expriment un degré d'organisation, les données que j'ai obtenues font entrevoir dans chacun des quatre sous-ordres, l'établissement d'une hiérarchisation des familles, des tribus ou souvent des genres. Je pense qu'en dehors de leur intérêt anatomique, ces résultats sont donc capables d'apporter des éclaircissements utiles à la classification des Serpents, non pas tant pour la détermination des spécimens que pour la recherche des affinités des groupes et de leurs tendances évolutives; la Systématique classique ne donne que l'idée la plus vague de ces propriétés. Par ailleurs, il va de soi que les procédés de mensuration que je viens d'indiquer ne s'adressent pas uniquement aux types actuels; ils seront susceptibles d'être appliqués en Paléontologie, où la confrontation chiffrée qu'ils permettent entre les formes apportera sa contribution à la reconstitution des lignées disparues.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la gynogenèse comme moyen d'exploration du patrimoine héréditaire chez le Crapaud ordinaire* (Bufo bufo). Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il est facile de provoquer la gynogenèse (développement de l'œuf avec le seul noyau maternel) chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*), en fécondant les ovules au moyen du sperme de Grenouille rousse (*Rana temporaria*) convenablement irradié par les rayons ultraviolets (Dalcq et Simon, 1930). Pour obtenir un certain nombre de larves gynogénétiques diploïdes, et parfaitement comparables en vigueur aux larves issues d'une fécondation normale, il suffit de soumettre les œufs, peu après la fécondation, à un refroidissement (Jean Rostand, 1933, 1934, 1947) ou à un chauffage (Fankhauser et Watson, 1942; Briggs, 1947); le *choc thermique* détermine le doublement des chromosomes maternels par rétention du second globule polaire (Fankhauser et Watson, 1942; Briggs, 1947).

D'une façon générale, les larves gynogénétiques ainsi obtenues doivent être homozygotes, tout au moins pour ceux des gènes à l'égard desquels la première division de maturation aura été réductionnelle. On peut donc espérer que, dans les descendances gynogénétiques, s'exprimeront des caractères dépendant de gènes récessifs portés par la femelle. C'est dans cette intention que nous avons réalisé, en ces dernières années, de nombreuses gynogenèses à partir de femelles normales. Notre attention s'est portée tout particulièrement sur les anomalies digitales de la descendance; car, d'une part, nous avions constaté que certaines de ces anomalies (polydactylie) sont de nature génétique ([1]), et, d'autre part, nous avions, dès nos premiers essais de 1947, observé des anomalies digitales diverses (ectrodactylie, syndactylie) parmi des produits d'origine gynogénétique ([2]).

Sur *dix lots gynogénétiques* obtenus en 1949, et comprenant respectivement de six à quatre-vingt-quinze individus ([3]), neuf se sont montrés absolument normaux quant à la conformation et au nombre des doigts. Un seul lot, formé de *six* têtards, a fourni une anomalie caractéristique du pouce (orteil I), lequel, au lieu d'être conique comme à l'ordinaire, se montrait comme tronqué et légèrement bilobé à son extrémité. Cette anomalie, qui paraît correspondre à une *polydactylie d'expression faible*, se manifesta chez *trois* individus; elle était bilatérale; les pattes antérieures étaient normales.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 778.

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 417.

([3]) Les lots sont nécessairement très inégaux d'importance, car, si uniforme que soit le traitement, le pourcentage de réussites varie beaucoup suivant les pontes.

Sur *treize lots gynogénétiques* obtenus en 1950, et comprenant respectivement de sept à soixante-quinze individus, douze sont normaux; dans un seul lot de *huit*, se retrouve l'anomalie du pouce qu'on vient de mentionner (polydactylie faible); elle se manifeste chez *cinq* individus, soit des deux côtés du corps (trois cas), soit du côté gauche seulement (deux cas).

De cette double série d'expériences, on peut, d'ores et déjà, tirer les indications suivantes :

1° La gynogenèse peut donner naissance à des sujets entièrement normaux. Les anomalies relevées dans les élevages gynogénétiques sont dues à l'extériorisation de gènes récessifs portés par la femelle;

2° Il existe, chez le Crapaud ordinaire, une *polydactylie faible*, qui est liée à un *gène récessif*. Cette polydactylie doit, jusqu'à nouvel ordre, être distinguée de la polydactylie typique que nous avons signalée précédemment, et qui paraît se transmettre selon le mode *dominant*;

3° Pour ce gène de polydactylie faible, la première division de maturation est souvent réductionnelle;

4° Ce gène est relativement fréquent dans la population que nous avons utilisée (Crapauds de Chaville et de Ville-d'Avray), puisque nous l'avons vu apparaître à deux reprises dans des gynogenèses portant respectivement sur dix et treize femelles.

Nous pensons que ce genre d'essais doit être poursuivi et étendu. Par la gynogenèse systématiquement pratiquée sur le Crapaud, on pourra réaliser une exploration du patrimoine héréditaire chez cet animal, et même, à condition que les essais soient suffisamment nombreux, se faire une idée approximative de la fréquence de répartition de certains gènes dans les différentes populations.

Ajoutons que, dans un lot de larves gynogénétiques comprenant seulement deux sujets, l'un d'eux présentait, aux deux membres postérieurs, une anomalie très nette : orteils IV et V très courts, le IV en direction transverse par rapport au V; en outre, il existait, aux deux membres antérieurs, une *syndactylie* des doigts III et IV.

Dans un autre lot de deux larves gynogénétiques, l'une d'elles présentait une *clinodactylie* (coudure terminale de l'orteil) intéressant l'orteil II; l'anomalie était surtout prononcée du côté droit.

Nous avons récolté dans la nature des exemplaires adultes de Crapauds qui présentaient soit une polydactylie faible, soit une clinodactylie de l'orteil II, soit une direction anormale de l'orteil IV par rapport au V; cette dernière anomalie n'était pas accompagnée de syndactylie antérieure.

RADIOBIOLOGIE. — *Augmentation de la radiosensibilité cutanée du Lapin consécutivement à l'action de l'insuline.* Note de MM. **Georges Velley** et **Jean Loiseleur**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Quand l'oxygène cellulaire devient activé par les rayons X, son action se partage, d'une part, entre les molécules du métabolisme, principalement le glucose, et, d'autre part, entre les constituants cellulaires (cas de l'apparition des radiolésions). L'hypoglycémie insulinique, rendant prépondérante l'oxydation de ces constituants cellulaires, entraîne l'augmentation de la radiosensibilité cutanée.

L'hypoglycémie, consécutive à l'administration d'insuline, entraîne une augmentation marquée de la radiosensibilité cutanée du Lapin.

La technique consiste à administrer des doses égales de rayons X (raies K_α du Mo) à des champs circulaires ($D = 4^{cm}$) localisés sur la face antérieure de la région supérieure des quatre pattes. Les deux champs du côté droit, qui constituent les témoins, sont d'abord irradiés. Deux heures après, l'animal subit une injection d'insuline (0,5 unité clinique par kilogramme d'animal). Au moment où l'hypoglycémie atteint sa valeur la plus grande, c'est-à-dire trois heures après cette injection, on irradie les deux champs du côté gauche dans des conditions rigoureusement semblables à celles utilisées pour le côté droit. Chaque animal constitue ainsi son propre témoin, ce qui élimine le facteur individuel.

L'expérience a porté sur 12 lapins, représentant un total de 48 champs irradiés (24 témoins, 24 hypoglycémiés). Quelques jours après l'irradiation (13 à 7 jours selon la dose de rayons X), on constate la chute du poil sur les champs-témoins. Le tableau montre que ce phénomène est accéléré d'une façon remarquable et constante par le traitement insulinique :

Irradiation locale de champs circulaires.

Dose de rayon X.	Jours après l'irradiation.	Côté témoin.	Côté irradié après injection d'insuline.
2250.....	6	0	plages épilées
	13	épilation en cours	-
2600.....	9-12	0	plages épilées + radio épidermite
	15-22	épilation en cours	-
2800.....	5	0	1 plage déjà épilée
	7	0	2 plages épilées
	9	début d'épilation	-
3000.....	4	0	plages épilées
	7	petites plages épilées ($D = 1^{cm}$)	plages épilées ($D = 4^{cm}$)

L'action de l'insuline est encore plus saisissante si la dose est augmentée jusqu'à 0,75 unité : après administration de 2 600 r, on constate constamment, chez l'animal insuliné, l'épilation dès la 30e heure, c'est-à-dire en avance de plusieurs jours sur le côté témoin.

Cette modification de la radiosensibilité cutanée peut être expliquée par l'intervention de l'oxygène, déjà mise en évidence par l'un de nous et R. Latarjet ([1]). Cet oxygène, dissous à l'état libre dans la cellule, est activé par le rayonnement : les oxydations consécutives se distribuent entre tous les accepteurs présents dans la cellule, que ces derniers soient constitués par des molécules du métabolisme ou par des constituants cellulaires, dont l'altération entraîne l'apparition de radiolésions. Si, comme dans l'hyperglycémie expérimentale ([2]), la cellule est surchargée en molécules du métabolisme, ces molécules constituent les accepteurs de l'oxygène activé et interviennent comme tampons d'irradiation en diminuant la radiosensibilité. Au contraire, dans l'hypoglycémie insulinique envisagée ici, l'oxygène ne trouve plus une quantité suffisante d'accepteurs parmi les molécules du métabolisme : l'effet de partage par *compétition* ([3]) favorise les molécules constitutives qui subissent des radiolésions. Il en résulte ainsi l'augmentation de la radiosensibilité.

Une expérience permet de vérifier simultanément ces effets de l'hyper- et de l'hypo-glycémie. On administre d'abord 2600 r sur le côté droit de quatre rats hyperglycémiés par l'injection intrapéritonéale de 2^g de glucose. Après un repos de 5 heures, ces rats reçoivent 0,15 unité d'insuline. Finalement, on irradie le côté gauche quand l'hypoglycémie s'est établie (soit 3 heures après l'injection). L'épilation du côté insuliné se produit beaucoup plus précocement que celle du premier côté hyperglycémié ([4]). On démontre ainsi à la fois l'intervention de l'oxygène radioactivé et celle de la nature des accepteurs que cet oxygène rencontre : prépondérance des métabolites au cours de l'hyperglycémie, prépondérance des constituants cellulaires au cours de l'hypoglycémie (manifestation de radiolésions).

([1]) J. Loiseleur et R. Latarjet, *Bull. S. Chim. Biol.*, 24, 1942, p. 172.

([2]) F. Baclesse et J. Loiseleur, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 743 et 1160.

([3]) H. Fricke, E. Hart et H. Smith, *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 229; W. Dale, *Biochem. J.*, 36, 1942, p. 80.

([4]) Il est à noter que, chez le Rat, cette dose de rayonnement entraîne toujours l'apparition de radioépidermites, lesquelles se manifestent en général d'une façon à la fois plus précoce et plus étendue sur le côté insuliné.

BACTÉRIOLOGIE. — *Compétition entre souches de* Rhizobium. *Analyse sérologique du phénomène*. Note (*) de MM. **Jacques Pochon**, **Paul Manil**, **Tchan** et **Charles Bonnier**, présentée par M. Joseph Magrou.

Il est montré, au moyen d'une méthode sérologique, que certaines souches de *Rhizobium*, inoculées à des graines de Légumineuses, peuvent dominer dans le phénomène de compétition avec les souches autochtones, lors de la formation des modules.

On sait l'extension qu'a prise la technique d'inoculation des graines de Légumineuses avec des souches sélectionnées de *Rhizobium* et l'intérêt agronomique qui s'y attache lorsqu'une culture doit être réalisée dans un sol n'ayant jamais porté une Légumineuse donnée, lorsque les cultures de Légumineuses sont déficientes et même lorsqu'il y a lieu de penser que la souche sélectionnée de *Rhizobium* est plus active que les souches autochtones.

Mais le problème se pose alors de savoir si la souche sélectionnée, mise en compétition dans le sol avec les souches autochtones, l'emportera ou non sur elles. Seule la méthode sérologique est capable de résoudre ce problème.

Avec six souches de *Rhizobium* nous avons préparé chez le Lapin des immunsérums. Ceux-ci agglutinent la souche homologue au moins au 1/10000 et nous avons obtenu un certain nombre d'agglutinations croisées (à noter que plusieurs souches spécifiques de Luzerne ont montré des constitutions antigéniques différentes). Parmi ces six souches, une, spécifique de Luzerne, (souche S22), présentait une autonomie antigénique nette et, de plus, s'était montrée, au cours d'essais antérieurs, douée d'une activité fixatrice élevée. Elle était donc particulièrement favorable pour résoudre le problème posé.

Elle nous a donc servi à inoculer des graines de Luzerne et celles-ci ont été ensemencées en pots dans des échantillons de terres différents contenant déjà des *Rhizobium* autochtones. Après la formation des nodules, des souches ont été isolées de ceux-ci. Une série témoin a été réalisée : ensemencement dans les mêmes lots de terre, de graines non inoculées par la souche S22; ici aussi des souches ont été isolées à partir des nodules formés. Nous avons ainsi travaillé sur 90 couches environ, provenant de la série inoculée et de la série témoin.

Toutes ces souches ont été testées au point de vue de leur agglutinabilité par le sérum anti S22. Nous avons trouvé une proportion beaucoup plus élevée d'agglutinations positives dans les souches isolées à partir de la série inoculée que dans celles provenant de la série témoin. Cette proportion est d'ailleurs variable suivant les lots de terre où avaient été cultivées les plantes.

(*) Séance du 22 mai 1950.

Nous en concluons que certaines souches de *Rhizobium*, et en particulier la souche S 22, mises en compétition avec une flore autochtone de *Rhizobium*, sont capables de l'emporter sur elle pour la contamination des plantes et la formation de nodules. Cette dominance compétitive est fonction non seulement de la souche, mais aussi de la nature du sol et donc, vraisemblablement, de la flore autochtone de *Rhizobium*. Ces constatations nous semblent présenter un intérêt agrobiologique pratique incontestable.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h 30m.

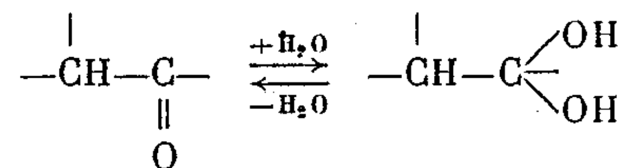
R. C.

ERRATA.

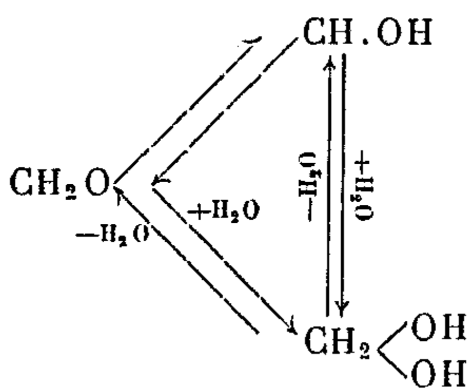
(*Comptes rendus* du 17 avril 1950.)

Note présentée le 12 avril 1950, de M. *Henry Gault*, Sur un monohydrate de carbone H. CO. H :

Page 1470, 4e ligne, la première réaction d'équilibre doit être écrite de la manière suivante :



Page 1471, le triangle représentatif de l'équilibre entre les trois formes du formaldéhyde doit s'écrire de la manière suivante :



BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1950 (*suite et fin*).

Annales de l'Institut national de la recherche agronomique. Série A. *Annales agronomiques. Science du sol. Fertilisation. Bioclimatologie. Physiologie végétale.* Paris, Dunod, 1950; 1 fasc. 24cm.

La chimie des ciments. T. I. *Exposé théorique.* T. II. *Valeurs numériques, figures et annexes,* par JACQUES DREYFUS. Paris, Eyrolles, 1950; 2 vol. 24cm.

Die Pilze grundzüge ihrer entwicklungsgeschichte und morphologie. von ERNST GÄUMANN. Basel, Verlag Birkhäuser, s. d.; 1 feuille 24cm.

Extraits de *Phytopathologische Zeitschrift.* Bd XVI. Heft 1 : *Der Einfluss der Bodentemperatur auf die Entwicklung und den Schorfbefalls der Kartoffelknollen,* von ERNST GÄUMANN und ERNST HÄFLIGER, Heft 2: *Über das toxigene und das physikalisch induzierte Welken,* von *Ernst Gäumann* und *Otto Jaag.* Heft 3: *Zur Gewinnung von Enniatinen aus dem Myzel verschiedener Fusarien,* von *Ernst Gäumann, Stephe Naef-Roth* und *L. Ettlinger.* Heft 3: *Untersuchungen über das Lycomarasmin* von *Ernst Gäumann, Stephi Naef-Roth* und *Guildo Miescher.* Zürich, Techn. Hochschule, 1950; 4 fasc. 24cm.

Industries agricoles et alimentaires. Nos 1 et 2. Paris, 1950; 1 fasc. 30cm.

Haut Commissariat de la République française à Madagascar et Dépendances. Publication du service météorologique de Madagascar, n° 16. *Altitude de l'isotherme* 0°C *dans l'Océan indien sud-ouest,* par JEAN ÉMON. Tananarive, Imprimerie moderne de l'Émyrne, 1949; 1 fasc. 24cm. (présenté par M. Ch. Maurain).

La météorologie et ses applications, par CHARLES MAURAIN, in *Bibliothèque de philosophie scientifique.* Paris, Flammarion, 1950; 1 vol. 19cm,5.

Sypnosis of proposals concerning the international rules of botanical nomenclature submitted to the Seventh international botanical congress, Stockholm 1950, prepared by J. LANJOUW. Published for THE INTERNATIONAL COMMISSION of TAXONOMY OF THE I. U. B. S. Waltham, Mass. 1950; 1 vol. 26cm.

Analyse dimensionnelle et métrologie (*Le système Giorgi*), par ROBERT ESNAULT-PELTERIE. Lausanne, Éditions F. Rouge & Cie. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 23cm.

Journée Raulin 5 *novembre* 1949. Extrait des *Annales de l'Université de Lyon.* Fascicule spécial. *L'Université de Lyon en* 1948-1949; 1 vol. 23cm,5.

Pierre-Augustin Dangeard, 1862-1947, par FERNAND MOREAU. Extrait de la *Revue générale de botanique.* T. LVII, 1950; 1 fasc. 25cm,5.

Traité pratique de chimie végétale à l'usage des laboratoires et de l'agronomie métropolitaine et coloniale, par A. BRUNEL. T. III. Tourcoing, Éditions Georges Frère, 1949; 1 vol. 27cm,5 (présenté par M. R. Heim).

Les hydrostrades de l'avenir, par GEORGES HERSENT. Paris, Musy Frères et C. I. C. P., 1950; 1 vol. 28cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUIN 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Voïslav Michkovitch**, Membre de l'Académie Serbe des Sciences, Directeur de l'Institut d'Astronomie théorique et appliquée de Belgrade, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE. — *Sur la répartition des luminosités stellaires.* Note de MM. **André Danjon** et **Paul Couderc**.

Les magnitudes absolues stellaires M ont-elles une répartition de Laplace-Gauss? Le nombre d'étoiles N(M) présente un maximum *apparent* qui, jusqu'à présent, a glissé vers des magnitudes plus élevées à mesure que les documents s'enrichissaient. Nous montrons qu'autour du Soleil N(M) croît jusqu'à $M_{vis} = 15$ au moins. N(M) ne croît-il pas indéfiniment avec M?

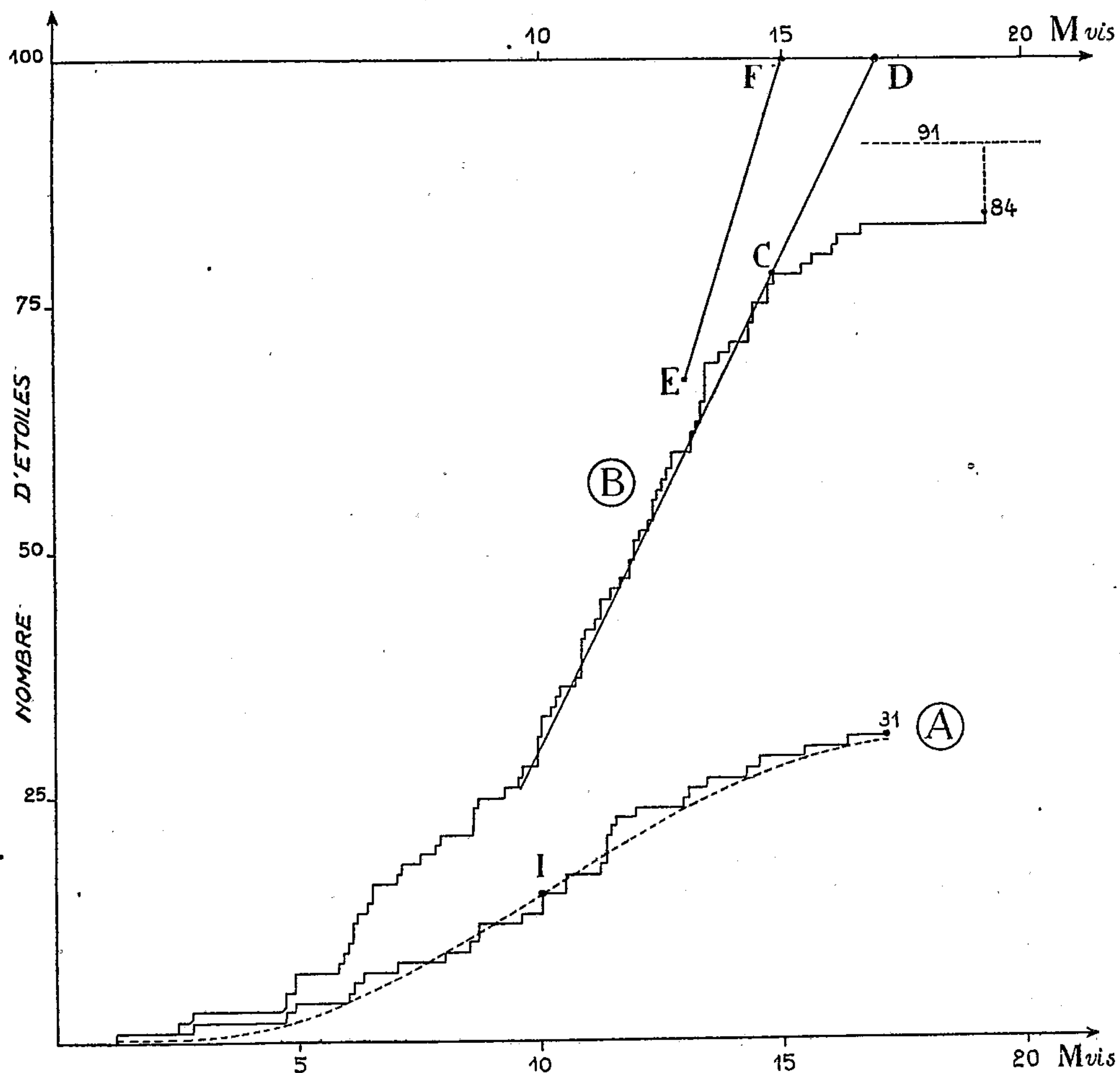
En nos parages, les étoiles contribuent pour plus des 2/3 à la densité totale de la Galaxie.

Depuis 40 ans, les astronomes cherchent comment se distribuent les luminosités dans la population stellaire voisine du Soleil. Mais le mot de *population* et l'existence d'étoiles géantes et d'étoiles dites naines semblent avoir impliqué la croyance à une distribution de Laplace-Gauss, où les types *moyens* seraient les plus nombreux.

La variation rapide des conclusions relatives à la valeur *médiane* des magnitudes absolues caractérise la difficulté du problème et, peut-être, l'inexactitude de l'hypothèse implicite. L'évolution récente, en des sens divers, des idées courantes peut se schématiser ainsi :

1920. Fréquence maximum à $M_{vis} = 7,5$ (Kapteyn).
1930. Fréquence croissante jusqu'à $M_{vis} = 14,0$ au moins (Seares). Contestation des résultats de Seares, retour aux conclusions de Kapteyn.
1940. Maximum vers $M_{vis} = 10,0$ (Danjon; *fig.* 1, courbe A).
1942. Maximum vers $M_{vis} = 12,5$ (Kuiper).
1945. Fréquence croissante jusqu'à 12,5 au moins (Van de Kamp).

Considérons une sphère de rayon 5,85 parsecs centrée sur le Soleil. Dans son volume V, nous connaissons 91 étoiles : 84 dont la magnitude absolue visuelle est établie et 7 pour lesquelles elle est encore ignorée. Le diagramme



Diagrammes cumulatifs, suivant les magnitudes absolues visuelles croissantes, des étoiles plus proches que :

4,64 parsecs : courbe A, datant de 1939.
5,85 parsecs : courbe B (1950).
(B concerne un volume double de celui qu'intéressait la courbe A.)

cumulatif de ces astres, selon les magnitudes absolues croissantes, est la ligne brisée B de la figure 1.

Cette ligne brisée B nous semble confirmer et même prolonger les conclusions de Seares (qui furent obtenues de manière toute différente, à l'aide de mouvements propres). Jusqu'à $M_{vis} = 14$ ou même 15, aucune inflexion ni concavité vers le bas ne s'annonce. Pour $M_{vis} > 15$ les documents sont très pauvres. Mais on peut pousser plus loin l'analyse.

Le peuplement en étoiles de l'espace est, en gros, *uniforme* dans le domaine relativement petit où l'on essaie de découvrir la totalité des astres. En effet, les astres très brillants ($M_{vis} \leq 6$), qui n'ont pas échappé aux recherches, sont en nombre proportionnel au volume sondé jusqu'à plus de 10 parsecs.

Cela étant, deux extrapolations peu hasardées sont fort instructives :

a. La sphère dont le volume est $V/2$ ($r = 4,64$ parsecs) est mieux explorée. Nous y connaissons 50 étoiles, de magnitude absolue visuelle inférieure à 17 (à une ou deux exceptions près peut-être, en ce qui concerne les compagnons mal connus). Donc, le volume V doit contenir environ 100 étoiles jusqu'à $M_{vis} = 17$. La ligne brisée se prolongerait suivant CD.

b. La sphère de volume $0,3\,V$ ($r = 3,92$ parsecs) est encore mieux connue; sa population provisoire est de 39 étoiles, dont 30 ont une M_{vis} *établie* inférieure à 15. Si l'on prend cette nouvelle base, le volume V contient au moins 100 étoiles de $M_{vis} < 15$: la ligne brisée se relèvera au moins suivant EF et sa concavité demeurera vers le haut.

Conclusion. — Le diagramme cumulatif a, jusqu'à présent, une allure parabolique dans sa partie *non caduque*, et il n'est pas exclu qu'il conserve cette allure, les corps plus petits s'avérant de plus en plus nombreux.

Pour le moment, des caractères spécifiques fondamentalement dissemblables séparent les catégories *étoile* et *planète*. Mais il se peut que les abondances, du moins, ne connaissent pas de discontinuité, des étoiles aux planètes, puis aux météorites.

Dans ce cas, le paramètre plus général qui permettrait de rassembler en un diagramme unique ces astres divers serait, naturellement, non plus la magnitude absolue, mais la masse. Pour les étoiles, la relation empirique masse-luminosité assure le changement de paramètre.

De toute façon, la somme des masses demeurera limitée et cette limite est connue en nos parages galactiques (Oort : densité spatiale moyenne $6,3.10^{-24}$ g/cm^3, matériaux interstellaires inclus.) Dans le volume intérieur à 3,92 parsecs, la somme des masses des étoiles jusqu'à présent détectées s'élève à 16 fois la masse du Soleil. La densité spatiale moyenne correspondante est $4,3.10^{-24}$ g/cm^3, c'est-à-dire *les 2/3 de la limite de Oort.* Le reste consiste en corps de plus en plus nombreux à mesure qu'ils diminuent, dont les masses individuelles deviennent quasi négligeables, la série aboutissant aux matériaux cosmiques diffus.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *La protection de la nature et les parcs-réserves de l'Afrique Occidentale française.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Nous avons indiqué dans des Notes précédentes (¹) les principales techniques pour lutter contre l'appauvrissement des sols de l'Afrique Occidentale, spécialement dans les zones des steppes et des savanes, dégradation qui est générale et qui va en s'étendant rapidement. Il est un autre point de vue qui a aussi une réelle importance pour l'avenir de l'Afrique tropicale, c'est celui de la protection de la nature : faune, flore, sites, gisements scientifiques de toute nature. A l'exemple d'autres pays, nous avons aussi en A. O. F. des Parcs nationaux, créés à la suite de la convention de Londres de 1933, mais chez nous ils n'existent que virtuellement; par contre, l'Institut des Parcs nationaux du Congo belge est une réalité, il a la personnalité civile, il dispose chaque année de crédits considérables, employés à l'étude et à la surveillance des Parcs nationaux dont le plus important est le Parc national Albert, dans la région des montagnes avoisinant les grands lacs, destiné à des buts scientifiques, ayant à ses confins un territoire annexe de réserve de chasse pour le couvrir et ouvert partiellement au tourisme.

Notre organisation en Afrique Occidentale est bien pâle par rapport à celle du Congo belge (²) et pourtant la contrée placée sur notre territoire se vide de gibier depuis quelques années de façon très alarmante et nous avons montré dans des Notes précédentes à quel degré de décadence étaient les sols et la végétation et aussi la disparition de l'eau superficielle.

On sait que c'est à la suite de la Conférence de Londres de 1933 pour la protection de la nature et sur la proposition même de la délégation française dont nous faisions partie, qu'il fut admis qu'il devait être créé en Afrique deux catégories de réserves, d'une part, des réserves naturelles intégrales ayant un but exclusivement scientifique, et d'autre part, les parcs nationaux établis dans un but esthétique et touristique comme les parcs américains des U. S. A., mais aussi en vue de la protection du grand gibier menacé de disparition, spécialement en Afrique tropicale.

Au Congo belge, les Parcs nationaux couvrent au total environ trois millions d'hectares (³). Ces territoires dont le sol est souvent de très mauvaise qualité sont soustraits à l'agriculture, à l'élevage, à la chasse et à l'exploitation forestière. Il est admis que cette mise en défense intéresse aussi l'économie

---

(¹) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1550, 1720, 1991 et 2064.

(²) A. Moeller de Laddersous, *Bulletin de l'Institut royal colonial belge*, **20**, 1949, n° 4, p. 798.

(³) *Voir* Aug. Chevalier, Allocution prononcée à l'Académie des Sciences à l'occasion de la remise de la médaille Arago à M. van Stræelen (*Publ. Institut*, n° **18**, 1948).

politique, puisque l'étude des éléments sauvages et même des sols dévastés éclaire l'humanité sur les mesures à prendre pour rétablir l'équilibre dans la conservation de l'humus et de l'eau d'où dépend l'avenir de l'agriculture. De nombreuses missions scientifiques consacrées aux diverses disciplines : géologie et pédologie, hydrologie, cartographie, zoologie, botanique, écologie, etc., étudient en permanence les territoires d'Afrique centrale mis en réserve et ont publié déjà des travaux considérables intéressant aussi bien la science appliquée, que la science pure. En Afrique Occidentale française presque tout reste à faire.

Une réserve intégrale a été créée aux Monts Nimba aux confins Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, à 1750^{m} d'altitude, territoire que nous avions exploré en 1910 et montré déjà tout l'intérêt. Cette réserve rattachée à l'Institut français d'Afrique Noire manque malheureusement de crédits pour s'organiser. De nombreux parcs nationaux ont été créés, mais n'existent que sur le papier. A l'origine ils ne furent regardés du reste que comme réserves de gibier, mais celui-ci même est en voie de disparition, car le braconnage s'y fait sentir intensément. Ces parcs ne sont ni délimités, ni gardés, ni étudiés. Au point de vue scientifique même, il reste une tâche considérable à entreprendre et nous nous demandons, devant l'absolue nécessité de faire cette tâche au plus tôt, s'il ne conviendrait pas que l'Académie des Sciences en prenne le patronage.

La plupart de ces parcs dont les emplacements dépourvus de population ou très peu habités ont été à peine explorés, on ne les connaît même pas au point de vue géographique; étant dépourvus de routes et de sentiers, on ne peut les étudier que par les anciennes méthodes des explorateurs que nous avons pratiquées autrefois : voyages à cheval avec quelques porteurs, coucher dans la brousse, circuler aussi bien en saison des pluies qu'en saison sèche. Les plus importants parcs qui sont à étudier sont :

1° le parc de la Haute-Gambie et de la Haute-Casamance au Sud-Ouest de Tambacounda, partie sur le Sénégal, partie sur la Guinée française, dans des régions incultivables (carapaces de bowals), mais très intéressantes au point de vue de la faune et de la flore.

2° le parc de Kita au Soudan français délimité en partie par le Baoulé à l'Est et le Bakoy à l'Ouest avec de la végétation soudanaise typique, riche autrefois en gibier, mais qui s'est appauvri considérablement. Nous l'avons traversé récemment en allant de Kati à Kita par l'ancienne route des convois.

3° le parc de Diapaga à Kargui, *dit du W du Niger*, situé en grande partie sur le territoire de la colonie de la Volta. Nous l'avons parcouru il y a 40 ans venant du Dahomey. Il était alors très giboyeux, mais bien qu'on puisse difficilement y pénétrer, il s'est très appauvri par le braconnage qui se pratique toujours. On vient de la Nigéria chasser les lamantins en voie de disparition. La flore est toujours appauvrie par les feux de brousse. En février-mars dernier nous nous sommes approché de ce parc en allant, d'une part, à Gaya

(rive gauche du Niger) et, d'autre part, à Say et sur la route de Diapaga (rive droite du Niger). Flore soudanaise mais par endroits infiltrations d'épineux et de flore sahélienne. Le gibier y devient rare.

4° Le parc du Dahomey, entre Djougou et Parakou, traversé par la Haute-Ouemé. Nous avons parcouru ce pays autrefois, alors qu'il était déjà dévasté par les feux de brousse.

5° Le quadrilatère compris de Soubré à Taï, entre le Sassandra et le Cavally, en pleine forêt vierge, complètement inhabité. Nous l'avons parcouru en 1907 pendant la saison des pluies, dans des conditions extrêmement dures en y faisant cependant d'intéressantes collections. Ce territoire est encore à peu près inconnu. Il serait à ériger en réserve naturelle intégrale, car au moment où l'on gaspille de toutes parts la forêt dense de la Côte d'Ivoire, il est désirable de conserver au moins pour la science et pour les générations futures un lambeau de forêt vierge quasi impénétrable et montrant celle-ci dans toute sa splendeur. A l'époque où nous avons parcouru cette région, nous avons abordé le Mont Niénokué situé dans les parages, montagne sacrée alors inabordable, absolument interdite. Nul n'avait le droit d'y couper un arbre et d'y tuer un animal. Ce n'est qu'après de laborieuses négociations avec le chef des traditions qu'il nous fut permis d'en faire l'ascension. A cette époque la nature était mieux protégée qu'elle l'est de nos jours.

L'étude scientifique de ces parcs est tellement perdue de vue aujourd'hui en Afrique Occidentale française que seul un organisme comme l'Académie des Sciences, prenant le contrôle scientifique des missions d'exploration et assurant la publication des travaux résultant de ces missions, serait à même pensons-nous, si le Comité était doté de crédits suffisants par notre gouvernement, de combler les lacunes qui mettent en situation si grave et si angoissante pour l'avenir toute l'Afrique Occidentale française et spécialement les pays qui se trouvent au contact du Sahara.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez le* Lithospermum arvense *L.* Note de M. **René Souèges**.

Le *Lithospermum arvense*, comme l'*Heliotropium peruviamum*, se rattache au type embryonomique du *Chenopodium Bonus-Henricus*. A certains stades de son développement on observe plus de régularité que dans l'archétype. Son étude apporte de nouvelles preuves en faveur des liens de parenté très profonds qui unissent quelques Boragacées à la grande famille des Solanacées.

Il est acquis que les lois du développement de l'embryon chez les Boragacées offrent de profondes divergences. Il a été démontré ici même [1] que la plupart

---

[1] P. Crété, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1198.

des espèces, assurément trop peu nombreuses encore, dont l'étude rigoureuse a pu jusqu'à ce jour être poursuivie, venaient se rattacher à des types embryonomiques différents. Cette hétérogénéité des caractères embryogéniques paraît d'autant plus surprenante que les trois grandes familles avec lesquelles on se plait habituellement à comparer les Boragacées, dans les limites des Gamopétales hypogynes isostémones, se montrent homogènes, se rattachent, plus exactement, à des types embryonomiques bien définis, les Labiées et les Scrofulariacées, par exemple, au type du *Capsella Bursa-pastoris*, les Solanacées, au type de l'*Hyoscyamus niger*, avec des variations qui procèdent par enchaînement d'une manière particulièrement instructive.

Les familles moins importantes qui se groupent autour des Labiées et des Scrofulariacées, par leurs fleurs irrégulières, se rapportent encore au type du *Capsella*; mais celles qui, avec leurs fleurs régulières, se rangent à côté des Solanacées et des Boragacées dans l'alliance des Polémoniales, offrent, à leur tour, dans le développement de l'embryon, des divergences qui témoignent de la diversité profonde de leur origine. Cette diversité retentissant sur les caractères organographiques, les auteurs des premiers essais phylogénétiques l'ont nettement remarquée (²), mais ils ont eu les plus grandes difficultés à s'entendre sur la dérivation (*Ableitung*) véritable de l'alliance ou de ses constituants. Ils ne pouvaient, d'ailleurs, prendre en considération les caractères embryogéniques, à peu près nuls alors, et aujourd'hui encore bien insuffisants.

Chez le *Lithospermum arvense*, le développement est assez régulier et son étude conduit à des résultats particulièrement démonstratifs. L'espèce possède peu de formes aberrantes; les processus généraux de la segmentation offrent les plus grandes analogies avec ceux qui ont été déjà donnés chez l'*Heliotropium europæum*. La tétrade qui dérive de la division transversale des deux cellules du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) appartient à la catégorie B_2 et comporte quatre éléments superposés, *cc* (ou *l*), *cd* (ou *l'*), *m* et *ci* (*fig.*2). Par segmentations, longitudinales des trois éléments supérieurs, transversale de l'élément inférieur, se constitue, à la 3ᵉ génération, un proembryon octocellulaire dont les quatre éléments du sommet représentent les quadrants disposés en deux étages (*fig.* 3). Aux stades suivants, les quatre quadrants, par divisions longitudinales méridiennes, donnent huit octants; par des divisions semblables, quatre cellules circumaxiales prennent naissance aux dépens des deux éléments juxtaposés en *m* (*fig.* 5 et 6). Pendant ce temps, les deux éléments inférieurs superposés, *n* et *n'*, issus de *ci*, se cloisonnent, le premièr transversalement en règle générale pour donner *h* et *k*, le second obliquement le plus souvent, ou transversalement, pour engendrer les éléments inférieurs *o* et *p* (*fig.* 8, 13 et 15). Au terme de ces bipartitions, c'est-à-dire à la quatrième génération, le proembryon possède exactement 16 cellules.

Les octants supérieurs, en *cc*, se segmentent tangentiellement, en règle générale, pour isoler d'emblée les premiers éléments de dermatogène, *de* (*fig.* 7, 8 et 11); les cellules inférieures se divisent à leur tour, le plus souvent verticalement pour donner, vers le

(²) H. Hallier, *Arc. néerl. des Sc. exactes*, série B, 1, 1912.

dehors, les cellules-mères des cotylédons, et, au voisinage de l'axe, des éléments qui entreront dans la construction du cône végétatif de la tige (*fig.* 14, 17, 18, 19 et 20). Parfois les premières cloisons dans les octants supérieurs sont anticlines à direction verticale ou horizontale (*fig.* 9, 10 à gauche, 12, 13 à droite); parfois également, dans les cellules intérieures, les cloisons prennent une direction horizontale (*fig.* 15 à gauche); dans ce dernier cas, la séparation des cellules-mères des cotylédons se trouve retardée d'une génération cellulaire. Ainsi, aux dépens des octants supérieurs, se constitue la partie cotylée *sensu-lato*.

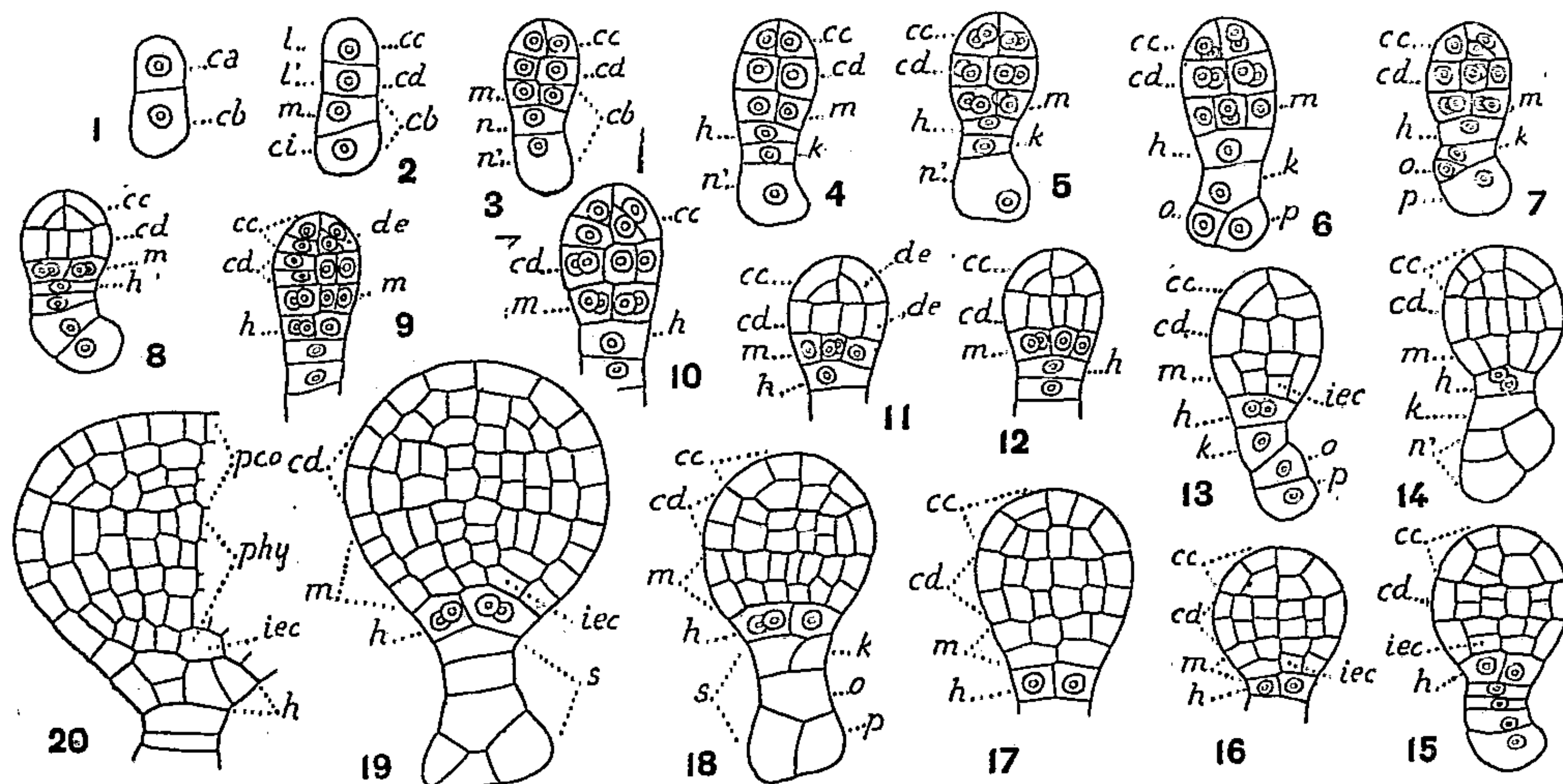


Fig. 1 à 20. — *Lithospermum arvense* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* (ou *l*) cellule supérieure de la tétrade ou partie cotylée, *pco*; *cd* (ou *l'*) cellule subterminale de la tétrade ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule subproximale de la tétrade ou partie inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *h*, cellule-fille supérieure de *n*, ou portion médiane de la coiffe; *k*, cellule-fille inférieure de *n* donnant, avec *o* et *p*, cellules-filles de *n'*, le suspenseur proprement dit *s*; *phy*, hypocotyle; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 300.

Les octants inférieurs, en *cd*, prennent aussi des cloisons tangentielles séparant directement le dermatogène, *de*, (*fig.* 11 et 13); les cellules intérieures se cloisonnent à leur tour longitudinalement, et isolent les premiers éléments du périblème et du plérome de l'hypocotyle (*fig.* 12 et 14). Quelquefois les cloisons dans les octants ou dans leurs cellules-filles intérieures sont horizontales (*fig.* 9 à gauche). Les octants inférieurs engendrent la partie supérieure de l'hypocotyle, celle qui représente le rudiment de la tige hypocotylée.

Les quatre cellules circumaxiales de l'étage *m* (*fig.* 5 à 10) produisent la partie inférieure de l'hypocotyle, celle qui correspond au rudiment de la racine, uniquement constitué, à son origine, dans le proembryon, par les initiales du périblème et du plérome. Deux processus de division s'observent à cet égard :

1° Dans le cas, le plus général, les quatre premières cellules circumaxiales, par segmentations tangentielles, séparent extérieurement des éléments de dermatogène appelés à donner plus tard la portion latérale de la coiffe (*fig.* 12, 13 et 14); les cellules intérieures, voisines de l'axe, se divisent ensuite transversalement (*fig.* 15 à gauche) pour donner deux tétrades superposées; la tétrade du bas représente les initiales du périblème, celle du haut, par divisions longitudinales, donne naissance aux premiers éléments du périblème et du plérome.

2° Dans d'autres cas, les quatre premières cellules circumaxiales se segmentent d'abord transversalement; il se constitue ainsi deux étages de quatre nouveaux éléments, (*fig.* 16 à gauche, 17), qui, par cloisonnements tangentiels, donnent, du côté de l'axe, les initiales de l'écorce et les premières cellules de plérome.

Le premier cas reproduit le schéma A, le second le schéma B, de la figure 14 que j'ai donnée au sujet des modes de différenciation des initiales et des cellules-mères du périblème et du plérome, au sommet radiculaire, chez les espèces du mégarchétype III (3).

L'élément *h* du proembryon engendre la portion médiane de la coiffe par des processus qui ont été maintes fois décrits, au sujet du même élément chez les Chénopodiacées, au sujet d'éléments d'une autre origine, chez les Solanacées, les Polygonacées, les Composées, etc.

Comme on le voit, les lois qui président au développement de l'embryon chez le *Lithospermum arvense* reproduisent, dans leurs traits généraux, celles qui ont été observées chez l'*Heliotropium peruvianum* et qui caractérisent le type embryonomique du *Chenopodium Bonus-Henricus* (4). Mais ces lois se montrent ici plus conformes au type et offrent une plus grande régularité, en ce sens que : 1° il se constitue, à la quatrième génération, un proembryon nettement hexadécacellulaire, les blastomères conservant jusqu'à ce stade leur puissance égale de division; 2° la différentiation des initiales de la racine se produit selon les processus des schémas généraux; 3° la partie médiane de la coiffe tire origine, comme dans l'archétype, de l'élément *h* du proembryon.

On remarque, en outre, que les premières cloisons sont parfois transversales dans les octants, chez le *Lithospermum,* comme cela a été observé chez les Solanacées, particulièrement dans le genre *Solanum* où l'apparition de ces cloisons a permis de se faire une idée, par une série de termes de passage, de la construction de formes octocellulaires à sept et à huit étages, retrouvées d'ailleurs chez l'*Echium vulgare* L. (5), ce qui nous oblige à reconnaître, somme toute, que certaines Boragacées possèdent incontestablement avec les Solanacées d'intimes et profonds liens de parenté.

M. **Jules Rouch** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition de son Ouvrage : *Météorologie et Physique du Globe.* Tome I. *Météorologie nautique.*

---

(3) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 2e fasc., *Partie générale*, 1939, p. 70.

(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 467; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **67**, 1920, p. 233; *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., *Partie spéciale*, 1949, p. 66.

(5) R. Souèges, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 871.

PLIS CACHETÉS.

M. Charles Pitoiset demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 5 décembre 1949 et enregistré sous le n° 12618.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note relative à quatre équations du troisième degré.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maximilien Sorre. *Les fondements de la Géographie humaine*. Tome II. *Les fondements techniques*, Ire et IIe Parties.

2° Institut national de la Recherche agronomique. *La Cartographie Parcellaire de la Végétation* (*Ses principes et ses applications agronomiques*), par Georges Kuhnholtz-Lordat.

3° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. *Mission H. Damas* (1935-1936). Fascicule 15.

4° Id. *Mission G. F. de Witte* (1933-1935). Fascicules 66 et 67.

5° *Revista del Instituto nacional de investigacion de las ciencias naturales* (Buenos-Aires). *Ciencias geologicas*, Tomo I, n° 1.

6° *Journal of the mathematical Society of Japan*. Vol. I, nos 1, 2, 3.

7° *Journal of the Institute of Polytechnics*. Osaka City University. Vol. I, n° 1.

8° *Scientia medica italica*. Vol. I, n° 1.

9° Académie Serbe des Sciences. *Sbornik Radova*. I. Machinski Institout. — II. Institout za ekologiou i biogeografiou. I.

10° Divers tirages à part de MM. J. C. Thams, H. Staub, E. Zenone, Fl. Ambrosetti, Jean Lugeon et Maurice Jacob.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines classes d'espaces riemanniens compacts.* Note de M. André Lichnerowicz, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Je me propose d'établir une formule qui fournit des conditions nécessaires et suffisantes commodes pour qu'un espace riemannien compact soit symétrique au sens de Élie Cartan. Tous les espaces envisagés dans cette Note sont à métrique définie positive. De la formule classique de commutation des

dérivations covariantes dans un espace riemannien, on déduit

$$\nabla_\lambda(\nabla_\mu R_{\alpha\beta,\gamma\delta}) - \nabla_\mu(\nabla_\lambda R_{\alpha\beta,\gamma\delta}) = H_{\alpha\beta\gamma\delta,\lambda\mu}$$

où $H_{\alpha\beta\gamma\delta,\lambda\mu}$ est le tenseur de Élie Cartan ([1])

$$H_{\alpha\beta\gamma\delta,\lambda\mu} = R^\rho{}_{\alpha,\lambda\mu} R_{\rho\beta,\gamma\delta} + R^\rho{}_{\beta,\lambda\mu} R_{\alpha\rho,\gamma\delta} + R^\rho{}_{\gamma,\lambda\mu} R_{\alpha\beta,\rho\delta} + R^\rho{}_{\delta,\lambda\mu} R_{\alpha\beta,\gamma\rho}.$$

En contractant α et λ et multipliant par $R^{\mu\beta,\gamma\delta}$, on obtient, compte tenu des identités de Bianchi, la formule générale

$$(1) \qquad \frac{1}{4}\Delta[P^2] = \frac{1}{2} g^{\lambda\mu} \nabla_\lambda R_{\alpha\beta,\gamma\delta} \nabla_\mu R^{\alpha\beta,\gamma\delta} + 2 R^{\alpha\beta,\gamma\delta} \nabla_\alpha \nabla_\gamma R_{\beta\delta} + Q$$

où l'on a posé

$$(2) \qquad P^2 = R^{\alpha\beta,\gamma\delta} R_{\alpha\beta,\gamma\delta}; \qquad Q = H_{\lambda\alpha\beta\gamma,}{}^\lambda{}_\mu R^{\mu\alpha,\beta\gamma}.$$

Soit alors V_n un espace riemannien compact de classe $C^r(r \geqq 4)$. Si V_n est tel que le second membre de (1) soit constamment positif ou nul, P^2 se réduit à une constante et le second membre de (1) à o. De ce raisonnement et des propriétés classiques des espaces symétriques, on déduit le théorème suivant :

Théorème 1. — *Si un espace riemannien compact V_n est tel que Q soit positif ou nul et si de plus :*

1° *le tenseur dérivé du tenseur de Ricci est nul, l'espace est nécessairement symétrique;*

2° *le tenseur de Ricci est nul, l'espace est localement euclidien.*

Le second membre de (1) fait intervenir en fait la dérivée seconde du tenseur de Ricci. Mais, si l'on remplaçait dans les hypothèses du théorème 1, la dérivée première par la dérivée seconde, on n'obtiendrait ainsi qu'une généralisation apparente : on peut établir que, sur un espace compact, *la nullité d'une dérivée covariante d'ordre quelconque d'un tenseur entraîne la nullité de la dérivée première de ce tenseur.*

2. La formule (1) peut être, en particulier, appliquée aux espaces récurrents de Ruse ([2]); pour ceux-ci le tenseur $H_{\alpha\beta\gamma\delta,\lambda\mu}$ est identiquement nul. Si K_λ est le vecteur de récurrence (qui est le gradient de $\log P$) et si

$$S_{\lambda\mu} = R_{\lambda\mu} - \frac{1}{2} g_{\lambda\mu} R,$$

on établit aisément que

$$S^{\lambda\mu} K_\lambda = 0; \qquad S^{\lambda\mu} \nabla_\rho K_\lambda = 0,$$

---

(1) *Cf.* par exemple E. Cartan, *Leçons sur la géométrie des espaces de Riemann*, 2e édit., p. 265, Paris, 1946.

(2) *Proc. London Math. Soc.*, 50, 1947, p. 438-446.

on peut en déduire la formule

$$2 R^{\alpha\beta,\gamma\delta} \nabla_\alpha \nabla_\gamma R_{\beta\delta} = \frac{1}{2} R^2 g^{\alpha\beta} (\nabla_\alpha K_\beta + K_\alpha K_\beta). \tag{3}$$

Des formules (1) et (3) résulte, par une analyse un peu longue, le théorème suivant :

THÉORÈME 2. — *Tout espace récurrent compact est ou bien symétrique, ou bien tel que* $R^2 = P^2 = 2 R_{\alpha\beta} R^{\alpha\beta}$ (3). *En particulier tout espace récurrent compact pour lequel* $R = 0$ *est symétrique; si* $R_{ij} = 0$ *l'espace est localement euclidien.*

3. Considérons un espace riemannien V_n compact, orientable, de courbure de Ricci nulle. Si φ_α définit une forme harmonique sur V_n on a (4)

$$\frac{1}{2} \Delta [\varphi^\alpha \varphi_\alpha] = g^{\lambda\mu} \nabla_\lambda \varphi_\alpha \nabla_\mu \varphi^\alpha$$

et un raisonnement analogue aux précédents montre que φ_α définit un champ de vecteurs parallèles. Ainsi le premier nombre de Betti de V_n est égal au nombre de champs indépendants de vecteurs parallèles sur V_n. On en déduit le résultat suivant :

THÉORÈME 3. — *Si un espace riemannien* V_4 *compact, orientable, de courbure de Ricci nulle, admet une caractéristique d'Euler-Poincaré inférieure à* 2, *il est localement euclidien.*

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur l'origine du paradoxe de Painlevé dans les systèmes de points matériels ou de solides en mouvement avec frottement.* Note (*) de M. **FRANÇOIS GALLISSOT**, présentée par M. Henri Villat.

Soient n points matériels $M_i(x_i, y_i, z_i)$ de masse m_i. Chacun d'eux est mobile avec frottement sur une surface S_i donnée, sur laquelle le coefficient de frottement est f_i. Un point M_i peut quitter la surface S_i d'un certain côté caractérisé par un vecteur $\vec{n}_i$. A chaque point M_i est associé un trièdre trirectangle mobile $M_i(X_i Y_i Z_i)$, $M_i Z_i$ étant dirigé suivant $\vec{n}_i$. Chaque point M_i est soumis à des forces de résultante F_i et à l'action de contact $R_i(X_i Y_i Z_i)$ de la surface S_i sur laquelle il glisse.

THÉORÈME. — *Les coefficients de frottement* f_i *pouvant prendre toutes les valeurs de zéro à l'infini, la condition nécessaire et suffisante pour qu'on obtienne des indéterminations ou des impossibilités (paradoxe de Painlevé) dans le mouvement du système des n points est que les coordonnées des points soient liées au moins par*

---

(3) Un résultat analogue à la première partie de ce théorème, mais obtenu, semble-t-il, par une méthode toute différente, vient de m'être communiqué par M. Isamu Mogi.

(4) BOCHNER, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 52, 1946, p. 779-781 et LICHNEROWICZ, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1678.

(*) Séance du 12 juin 1950.

une relation, holonome ou non,

(1) $$\sum_{i=1}^{n}(\lambda_i dx_i + \mu_i dy_i + \nu_i dz_i) = 0.$$

Appliquons la méthode indiquée dans deux Notes précédentes [1] :
$u_i = \rho_i \cos s_i$, $v_i = \rho_i \sin s_i$, w_i étant les composantes de la vitesse $\overrightarrow{VM_i}$ de M par rapport au trièdre $M_iX_iY_iZ_i$ la loi du frottement de glissement se traduisant par $X_i = -f_i Z_i \cos s_i$, $Y_i = -f_i Z_i \sin s_i$, on obtient pour discuter les éventualités les équations

(2) $$\frac{dw_i}{dt} + \sum_{i+1}^{n} r_{ij} z_j = \varphi w_i, \qquad i(1 \text{ à } n),$$

avec la condition

(3) $$\sum_{r=1}^{n}(\alpha_i u_i + \beta_i v_i + \gamma_i w_i) = 0.$$

transformée de (1).

L'expression de r_{ij} est

$$r_{ij} = \frac{c_{ij} - \dfrac{\gamma_i}{m_j}(\alpha_j \cos s_j + \beta_j \sin s_j) f_j}{m_i \displaystyle\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m_j}(\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \gamma_j^2)},$$

avec

$$c_{ij} = \frac{\gamma_i \gamma_j}{m_j}, \qquad c_{ii} = \frac{\gamma_i^2}{m_i} - \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{m}(\alpha_j^2 + \beta^2 + \gamma_j^2).$$

D'après la propriété énoncée dans la Note [2].

1° Pour que dans un système à contacts multiples avec frottement, indéterminations ou impossibilités aient lieu, il faut que la forme quadratique Ψ, ayant pour coefficient les éléments de la matrice $\| r_{ij} + r_{ji} \|$, prenne des valeurs positives.

Si les α_i, β_i ne sont pas nuls, les f_i figurant linéairement dans les coefficients r_{ij}, on peut trouver un domaine D ($f_1, \ldots, f_n$) tel que ψ prenne des valeurs positives. L'existence de (1) est donc suffisante.

2° L'existence de (1) est nécessaire. Car si les λ_i, μ_i, ν_i sont nuls les équations (2) s'écrivent

$$\frac{dw_i}{dt} - Z_i = \varphi w_i.$$

---

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 511-512 et p. 611-612.

[2] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 611-612.

Elles montrent que si $\varphi w_i > 0$, il y a échappement; si $\varphi w_i < 0$, il y a contact ($Z_i > 0$). Donc aucun paradoxe, ni aucune indétermination ne peuvent avoir lieu.

Conséquences. — 1° Dans un corps solide théorique l'invariabilité des distances de ces points entraîne l'existence de relations telles que (1). Donc toutes les fois qu'on écrira qu'en un point de contact le module d'une composante tangentielle T d'une réaction est une fonction $f(N)$ de la composante normale N, $f(N)$ étant simplement astreinte à être nulle avec N, indéterminations ou impossibilités vont se produire pour certains ensembles de valeurs de $f(N)$.

2° Paradoxes ou indéterminations ne peuvent être levés qu'en abandonnant le concept de solides indéformables. C'est ce qu'a fait Delassus en introduisant l'hypothèse du choc tangentiel pour lever le paradoxe de Painlevé dans le cas d'un contact, hypothèse dont j'ai montré la validité pour un nombre quelconque de contacts dans une Note précédente ([2]).

3° Si l'étude d'un mouvement de solides avec frottement conduit à des indéterminations ou des paradoxes, cela prouve que le schéma théorique sur lequel nous raisonnons n'est pas correct.

Complément à la bibliographie sommaire de la Note du 6 *février* 1950. — M. R. Mazet dans deux Mémoires récents (*Revue de l'O. N. E. R. A.*, n° 10, 1949, et Communication au 7° *Congrès de Mécanique appliquée*, Londres, 1948) emploie la notion d'accélération de contingence dans le cas de deux solides en contact avec frottement, d'autres solides étant en contact par des liaisons bilatérales sans frottement. Les résultats de M. Mazet sont donc également un cas particulier du théorème général énoncé dans la Note du 6 février 1950.

ACOUSTIQUE MUSICALE. — *Proposition d'un nouveau son fixe : Sol_3 = fréquence* 384. *D'où La_3 =* 432. Note de M. **Robert Dussaut**, présentée par MM. Henri Busser ([1]) et Joseph Magrou.

Quand *Ut* est fixe, le *La* varie selon qu'il est 5/3 ou 27/16; quand *La* est fixe, l'*Ut* varie selon qu'il est 6/5 ou 32/27. Si le son fixe était : *Sol* 384, les notes *La* 432, *Ut* 512 et *Ré* 576 seraient semblables dans les systèmes de Pythagore et de Zarlino. Pour La_3, la fréquence 432 serait moins arbitraire que 435 ou 440. C'est le diapason logique que les musiciens réclament d'instinct.

Le diapason légal (fixé en 1859 à 870 vibrations ou 435 périodes par seconde), n'est plus employé en France depuis une douzaine d'années, car les facteurs d'instruments à vent, afin de faciliter leurs exportations en Amérique, ont haussé le diapason, de 435 à 440 p/s., sans consulter ni prévenir les musiciens. En mai 1939, un Congrès a eu lieu à Londres, sur l'instigation de la Radio-

([1]) Membre de l'Académie des Beaux-Arts.

diffusion allemande, pour adopter ce nouveau diapason. Des facteurs d'instruments et des ingénieurs de la Radiodiffusion ont signé pour la France, mais ni les physiciens, ni les musiciens n'ont été invités à ce Congrès.

Les musiciens français, en général, se plaignent du diapason à 440 p/s., le trouvant exagérément élevé. Avec ce diapason, les œuvres vocales et chorales des compositeurs classiques sont devenues presque impossibles à interpréter dans le ton original. Il faudrait transposer la plupart de ces œuvres un demi-ton ou même un ton plus bas, puisque en 1700, à l'Opéra de Paris, le diapason était à 405 p/s., donc 36 savarts en dessous du diapason actuel (soit environ 3/4 de ton). Il apparaît qu'il devient nécessaire de demander l'abaissement du diapason, par un nouveau décret officiel, celui de 1859 étant devenu caduc.

La solution idéale serait que les musiciens et les physiciens eussent *la même échelle musicale*, c'est-à-dire celle de *Sauveur*, fixant à l'Ut_3 et l'Ut_4 les fréquences 256 et 512. Malheureusement, dans la pratique musicale, la note *Ut* ne peut servir de diapason, parce que les violonistes ne peuvent s'accorder que sur des cordes à vide; or le violon n'a point de corde *Ut*. Le son fixe ne doit donc être que *La*, *Ré* ou *Sol*, ces trois notes correspondant à des cordes du violon, de l'alto, etc. Depuis longtemps les musiciens ont adopté La_3 comme diapason. Ce choix a été malencontreux, car *Ut* devient alors très variable : la tierce mineure de La_3 à Ut_4 diffère beaucoup selon qu'il s'agit du système de Pythagore, du tempérament, ou du système de Zarlino. L'*Ut* pythagoricien est plus bas d'un comma syntonique ($80:81 = 5,395$ savarts) que l'*Ut* zarlinien. Inversement, quand l'$Ut_3 = 256$ est pris comme point fixe, la sixte 27/16 est plus haute d'un comma que la sixte 5/3, d'où *La* 432 dans un cas, *La* 426,66 dans l'autre, et, pour le tempérament, *La* 430,34.

Au lieu de prendre *La* ou *Ut* comme son fixe, si l'on adoptait : $Sol_3 =$ fréquence 384, on obtiendrait *à la fois dans le système de Zarlino et dans celui de Pythagore* la même *Quinte naturelle* 3/2, d'*Ut* 256 à *Sol* 384, et la même *Quarte naturelle* 4/3, de *Sol* 384 à *Ut* 512. Non seulement *Ut* serait plus stable, mais le $La_3 = 432$ également, puisque le ton 9/8 est le même dans ces deux systèmes.

Les nombres 384 et 432 ont l'avantage de n'avoir d'autres facteurs premiers que 2 et 3. Ils sont plus logiques et d'un emploi plus pratique que 435 (non divisible par 2, et multiple du nombre premier 29 qui n'est pas un nombre musical). Dans les calculs acoustiques, 435 produit des nombres fractionnaires encombrants. Par exemple, quatre octaves au-dessous de 435, on a 27,1875. En revanche, quatre octaves au-dessous de 432, on a 27 exactement. Les nombres entiers sont préférables aux nombres fractionnaires.

Le son fixe 384 pourrait être considéré comme tonique théorique d'une gamme modèle de *Sol majeur*, aussi bien dans le système de Zarlino que dans celui de Pythagore, et comme médiante théorique d'une gamme modèle de *Mi mineur*. Dans ce dernier cas, la tonique théorique deviendrait $Mi_4 = 640$

dans le système de Zarlino, et $Mi_4 = 648$ (un comma plus haut) dans le système de Pythagore. Grâce à ce son fixe 384, les fréquences des gammes de *Sol majeur* et de *Mi mineur* pourraient s'exprimer *en nombres entiers* dans les deux systèmes.

On obtiendrait même une gamme chromatique, dans le système de Zarlino, toujours en nombres entiers. Exemple :

384	Sol_3	500	*Si dièse*	640	*Mi*
400	*Sol dièse*	512	Ut_4	675	*Mi dièse*
432	*La* (diapason)	540	*Ut dièse*	720	*Fa dièse*
450	*La dièse*	576	*Ré*	750	*Fa double-dièse*
480	*Si*	600	*Ré dièse*	768	Sol_4

Si Messieurs les Membres de l'Académie des Sciences ne désapprouvent pas les principes musicaux exposés ci-dessus, ils rendraient grand service aux artistes musiciens en voulant bien émettre le vœu que le *son fixe théorique* fût désormais $Sol_3 = 384$. D'où : $La_3 = 432$; $Ut_4 = 512$ et $Ré_4 = 576$. Le La_3 serait 8 savarts plus bas que le diapason actuel à 440 p/s., soit environ 1/6 de ton. Tel est le diapason demandé par les musiciens.

En résumé, les musiciens français ne souhaitent pas seulement que le diapason soit abaissé, mais aussi qu'il soit *fixé* définitivement et *ne varietur*. Il est fâcheux que les principaux États aient adopté, pour leurs diapasons, des nombres choisis arbitrairement : 436 en Autriche; 435 en Italie; 440 en France, Allemagne, Angleterre, États-Unis; etc. Ayant une base logique, la convention du *son fixe* 384 aurait plus de chance de demeurer stable et de devenir internationale.

Par *referendum*, de nombreux musiciens français ont accepté que le La_3 soit ramené à la fréquence 432. Donc, $Sol_3 = 384$. Il serait souhaitable que les musiciens et les physiciens adoptassent la même échelle musicale :

24	48	96	192	384	768	1536	3072	6144
Sol_{01}	Sol_0	Sol_1	Sol_2	Sol_3	Sol_4	Sol_5	Sol_6	Sol_7

CHALEUR. — *Rayonnement des gaz dans la chambre de combustion d'un moteur Diesel.* Note (*) de M. **Georges Monnot**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'étude des phénomènes qui se développent dans la chambre de combustion, tant dans le moteur à essence que dans le moteur Diesel, repose le plus souvent

(*) Séance du 12 juin 1950.

sur la mesure des pressions qui y règnent. Dans une Note précédente (1) nous avons indiqué comment, sur un même moteur Diesel, nous avons procédé au relevé simultané de la pression et de la température de couleur de la flamme apparaissant dans la chambre de combustion.

Les résultats obtenus ont été portés sur des diagrammes S log V (2) calculés pour les produits de combustion d'un mélange de richesse 0,4. Sur ces diagrammes, et pour les diverses conditions de fonctionnement, on a pu tracer les courbes log V-pression et log V-température.

Dans tous les cas, les courbes sont fortement écartées au début de la combustion, elles tendent à se rapprocher vers la fin de la combustion. Traduits en température, ces écarts sont de l'ordre de 1200° au début de la combustion. Certains résultats obtenus par O. A. Uyehara et P. S. Myers (3) ont été reportés sur des graphiques analogues. Ces auteurs avaient observé les températures pour des richesses de 0,58, 0,93, et 1,02. Ici encore, les températures déduites de la pression et les températures mesurées directement diffèrent, au début de la combustion, de 1200° aux richesses de 0,58 et 0,93 et de 1700° à la richesse de 1,02. Par contre, les courbes log V-pression et log V-température non seulement se rapprochent l'une de l'autre en fin de combustion, mais se confondent même aux richesses de 0,93 et de 1,02. Il existe donc dans la chambre de combustion du moteur un fort gradient de température qui se maintient en dépit de la turbulence des gaz.

Dans ces conditions, nous avons essayé de calculer l'énergie rayonnée par les gaz pendant la combustion en tenant compte de ces inégalités de températures. Ce calcul n'était possible que moyennant des hypothèses assez grossières qui ne permettent d'atteindre qu'un ordre de grandeur. Il a été mené de la façon suivante :

La comparaison des courbes de détente des gaz avec ou sans injection de gas-oil a permis de déterminer la loi de combustion du gas-oil en fonction de l'angle de rotation (4).

La combustion du gas-oil a été supposée s'effectuer en mélange stœchiométrique.

Les gaz brûlés ont été supposés rayonner comme un corps noir, et le volume qu'ils occupent assimilé à une sphère.

Dans ces conditions, pour la richesse 0,435, nous avons obtenu :

(1) Vichnievsky et Monnot, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2079.

(2) Vichnievsky et Salé, *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 3, n° 12, 1948.

(3) *S. A. E. Quarterly Transactions*, 1947 et 1949.

(4) Neumann, *Forsch.*, n° 2, 1936.

Position du vilebrequin.	Température en °K. Gaz brûlés.	Température en °K. Gaz frais.	Moyenne déduite de la pression.	Pertes thermiques calculées en calories.	Rayonnement calculé en calories.	Travail mécanique fourni en calories.
6° avant le P. M. H.	–	615	615			
P. M. H..........	1835	645	680	2,6	0,1	0,1
4°............	1950	662	790	3,8	0,2	0,3
10..............	1960	643	760	11	0,5	1,5
20..............	1910	582	730	32,7	1,3	7
30..............	1760	518	715	64,9	2,3	11,5
40..............	1470	464	707	91,2	2,3	12,2
50..............	1020 (*)	412	575	−5,8	1,2	10,6

(*) Valeur extrapolée sur le courbe expérimentale.

Au total, pendant les 56° de rotation durant lesquels la combustion s'effectue, les pertes thermiques calculées s'élèvent à 200^cal sur lesquelles 8 seulement seraient dues au rayonnement, tandis que le travail mécanique emporterait 43^cal dans le même temps. Ce chiffre du rayonnement est très faible et, cependant, il ne peut être que surestimé car, d'une part les gaz ont été assimilés à un corps noir pour le rayonnement, d'autre part la température utilisée dans ce calcul est la température de couleur fournie par le pyromètre à deux couleurs.

Si l'on admet que le rayonnement de la flamme du jet de gas oil peut être assimilé, à épaisseur égale, à celui d'une bougie ou d'un étalon Hefner, les données classiques concernant ces flammes ([5]) permettent d'évaluer à 250° au P. M. H. l'excès de la température de couleur sur la température vraie, cet écart étant seulement de 180 et de 120° pour les positions respectives de 30 et de 40° après le P. M. H.

THERMOCINÉTIQUE. — *Les algorithmes de la théorie de la chaleur.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons fortement insisté, dans un ouvrage récent ([1]), sur un aspect peu satisfaisant des solutions de l'équation de la chaleur relatives au milieu illimité, lesquelles font jouer un groupement de variables du type $u = x^2/t$ où l'on pose arbitrairement $u = 0$ quand x et t sont *simultanément* nuls. La justification la plus nette de cette convention semblait être que nous cherchions

([5]) *Cf.* par exemple : Ribaud et Brun, *Transmission de la Chaleur*, 1, 1948, ou Ribaud, *Traité de Pyrométrie optique* (*Édition de la Revue d'optique théorique et instrumentale*, 1931).

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) P. Vernotte, *Thermocinétique* (*Publ. Scient. et Techn. Min. Air*, série grise, fasc. 224).

dans les cas les plus simples à exprimer la solution par la seule variable u, et, sur la surface limite $x=0$, u ayant la valeur zéro quel que soit $t \neq 0$, nous étions conduit à conserver pour $t=0$ cette valeur nulle.

Dans les cas plus compliqués faisant jouer l'intégrale de Laplace

$$T = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} F\left(x + 2q\sqrt{\frac{\lambda t}{c\rho}}\right) e^{-q^2}\, dq \tag{1}$$

nous avions dit, ce qui était exact, que, d'après la définition même d'une intégrale, à limites infinies, il fallait faire augmenter q indéfiniment *après* avoir donné à t sa valeur, de sorte que, lorsqu'on fait $t=0$, l'argument de F aura toujours simplement la valeur x; et la difficulté signalée ne se poserait pas.

Mais comme les calculs d'exploitation de la formule (1) supposent expressément $t \neq 0$, la difficulté revient lorsqu'on voudra faire tendre t vers zéro puisque alors la limite éventuelle de $q\sqrt{t}$ redevient arbitraire. La réponse immédiate est que cette circonstance est sans importance, car pour les grandes valeurs de q l'exponentielle e^{-q^2} rend négligeable la quantité sous le signe $\int$.

En sorte que, dans tous les cas, la valeur de la solution pour $x=0$ et $t=0$ peut être obtenue en faisant $x=0$ et $t \neq 0$ et cherchant la limite pour $t=0$, ce qui ne suppose (le fait est général dans la théorie des limites) que la considération de valeurs de t différentes de zéro.

Cependant, cette convention, malgré son caractère universel, n'est pas pleinement satisfaisante, car c'est au moment de la fixation des conditions aux limites que se pose le problème de la signification des solutions, c'est-à-dire à un moment où nous créons une discontinuité en imposant un changement.

Comparons donc les résultats donnés par l'équation (1) ainsi interprétée avec ce que fournirait la série de Fourier, laquelle ne repose pas sur la considération du groupement x^2/t, mais fait jouer *indépendamment* x et t; et ce, dans le cas simple du mur illimité vers les $x > 0$ et arrêté à la face $x=0$, initialement à la température constante T_0 et que l'on refroidit à l'instant initial en maintenant à la température zéro la face $x=0$, de sorte que la température est donnée par

$$T = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\lambda t}{c\rho}}\frac{x}{\sqrt{t}}} e^{-v^2}\, dv. \tag{2}$$

Pour les petites valeurs du temps, ce phénomène thermocinétique est en effet le même pour le mur illimité et pour le mur d'épaisseur l, dont la température est donnée par la série

$$T = \frac{4}{\pi} T_0 \left[\sin \pi \frac{x}{e} e^{-\frac{\lambda \pi^2}{c\rho l^2} t} + \frac{1}{3} \sin 3\pi \frac{x}{l} e^{-9\frac{\lambda \pi^2}{c\rho l^2} t} + \ldots \right]. \tag{3}$$

On pourrait montrer, par la théorie des fonctions *thêta*, que, pour t petit,

les formules (2) et (3) sont équivalentes. En fait, comme ce sont deux solutions de l'équation de la chaleur, il suffit de montrer que, pour x petit, elles correspondent aux mêmes conditions aux limites.

Pour $t = 0$ et $x \neq 0$, l'intégrale (2) va de zéro à l'infini, et T vaut donc T_0. Le crochet de (3), d'après un développement classique, vaut $\pi/4$, et T vaut encore T_0. Pour $x = 0$ et $t \neq 0$, les formules (2) et (3) donnent évidemment $T = 0$.

Pour $x = 0$ et $t = 0$, d'après la convention posée, $x/\sqrt{t}$ est nul et l'intégrale (2) donne bien $T = 0$. La série (3) donne aussi $T = 0$, car elle est nulle comme composée de termes identiquement nuls.

Il semble n'y avoir aucune difficulté dans le cas de la série, mais c'est parce que l'on a transporté la difficulté, et sous une forme où elle se résout sans peine, dans la manière de concevoir la condition aux limites. La loi de distribution initiale comporte en effet la double donnée de T égal à T_0 quel que soit $x \neq 0$, et $T = 0$ pour $x = 0$, ce qui veut dire que nous posons appartenir à l'avenir ($t > 0$) les circonstances fixées à l'époque $t = 0$; en sorte que la discontinuité n'est pas dans la loi $T(x, t)$ solution de l'équation aux dérivées partielles, mais entre la distribution antérieure à notre intervention et celle qui résulte de cette intervention.

En posant $u = 0$ pour x et t nuls, nous exprimions la même idée, mais sous une forme plus mystérieuse.

L'interprétation physique de la difficulté mathématique rencontrée est donc que le présent c'est déjà de l'avenir. Et mathématiquement, on résoudrait, comme nous le disions (*loc. cit.*), la difficulté, en établissant, par le *continu du troisième ordre*, une distinction entre le dernier instant du passé $T = T_0$ en $x = 0$, et le premier instant du présent $T = 0$ en ce même $x = 0$.

PYROTECHNIE. — *Calcul de la célérité des déflagrations dans les poudres colloïdales*. Note de MM. **Numa Manson**, **Paul Morlé** et **Roger Ferraud**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Assimilant la zone de réaction à une onde de choc et de combustion plane avec faible chute de pression (Δp), nous avons calculé sa célérité D_0 lorsque la propagation a lieu suivant l'axe de blocs cylindriques de poudres colloïdales. Nous avons admis, comme pour les mélanges gazeux (1), que le choc des atomes d'hydrogène (formés dans la zone de réaction) avec les molécules de la poudre et, la recombinaison consécutive de ces atomes, entretient la réaction et détermine la faible variation de pression $\Delta p = T_1 (p_H)_2 / 2 T_2$.

(1) N. Manson, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 230; *Rev. de l'Inst. Franc. du Pétrole*, 4, 1949, p. 338; N. Manson, H. Guénoche et B. Salé, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1637.

Connaissant la composition, la densité de la poudre, la chaleur de formation de ses composés ([2]) et des produits de combustion et, assimilant ces derniers à un mélange de gaz parfaits en équilibre physico-chimique, nous avons calculé en suivant les méthodes de G. Ribaud ([3]) la température T_2, le nombre de moles N_2 et la pression partielle $(p_H)_2$ de l'hydrogène atomique dans ces gaz pour diverses valeurs de leur pression $p_2 (25 \leqq p \leqq 4000^{atm})$. Dans ces calculs nous avons admis que la chaleur de réaction H'_p est celle qui correspond à la combustion préférentielle de H_2. Cette hypothèse conduit à un meilleur accord avec les valeurs de D_0 mesurées; d'ailleurs les deux hypothèses fournissent pratiquement le même résultat en ce qui concerne T_2 et N_2, seules les valeurs de $(p_H)_2$ peuvent différer notablement.

Nous avons constaté que dans le cas de poudres composées de nitrocellulose (CP), nitroglycérine (NG) et diéthyldiphénylurée (C) la théorie fait apparaître l'influence de : 1° *la température initiale* T_1 (D_0 croît un peu plus vite que $T_1^{1/2}$); 2° *la teneur en humidité h de la poudre* (lorsque h croît, D_0 décroît dans des proportions qui dépendent de la composition de la poudre et de la pression p_2); 3° *la pression* p_2 (pour les poudres froides, $T_2 \cong 2000°$ K, en première approximation $D_0 \sim p_2^n$ avec $n \sim 0{,}75$ pour $25 \leqq p \leqq 500^{atm}$, $n \sim 1$ pour $500 < p < 2500^{atm}$ et $n \geqq 1$ pour $p > 2500^{atm}$; pour les poudres chaudes $T_2 \geqq 2400°$ K, n varie notablement avec p_2 mais reste assez voisin de 1 pour $500 < p < 2000^{atm}$).

On trouvera dans les tableaux I, II et III, quelques résultats numériques confirmant ces conclusions dans le cas de deux poudres types.

Notons que pour obtenir des valeurs de D_0 en parfait accord avec les valeurs mesurées par différents expérimentateurs ([4]), ([5]), nous avons été conduits à affecter d'un coefficient $\nu = 0{,}40$ (indépendant de la poudre, de p_2 de T_1 et de h) l'expression de Δp utilisée antérieurement ([1]) pour les mélanges gazeux. Avec $\nu = 1$ l'expression

$$\Delta p = \nu \frac{1}{2} \frac{T_1}{T_2} (p_H)_2$$

conduit à un accord qualitatif très satisfaisant mais les valeurs calculées de D_0 sont d'environ 60 % trop élevées.

En conclusion signalons que, d'après la théorie, pour augmenter la célérité D_0 (à p_2, T_1, h, constants), il faut chercher à accroître la pression partielle de l'hydrogène atomique dans les produits de combustion, par

---

([2]) H. Muraour et G. Aunis, *Mém. de l'Artillerie Franç.*, 2e fas. 1946, p. 421.

([3]) *Chaleur et ind.*, 19, n° 213, 1938, p. 63.

([4]) H. Muraour, *Poudres et Explosifs*, Paris 1947; *Chimie et ind.*, 47, 1942, p. 476 et 602; 50, 1943, p. 105 et 168.

([5]) B. L. Crawford, C. Hugget, F. Daniels et R. Wilfong, *Analytical Chem.*, 19, 1947, p. 630.

exemple en incorporant dans la poudre des composés riches en hydrogène, mais n'abaissant pas la température de combustion T_2.

TABLEAU I. — Poudre A : CP à 11,7 % de N_2 — 66 % ; NG — 25 % ; C — 9 % ; $H'_p = 652,7$ Cal/kg ; $T_2 = 2\,025°K$; $\rho_1 = 1,6$ kg/l ; $C_1 = 0,3$ Cal/kg.

p_2 (atm).....	25.	50.	100.	150.	200.	500.	1 000.	2 000.	3 000.	4 000.
D_0 (mm/sec) calc....	3,7	6,0	10,5	14,2	17,6	36	62	109	155	205
D_0 (mm/sec) (+)...	5,3	6,7	9,4	12,1	14,8	31	58	112	166	220

(+) Valeurs déduites de la formule semi-empirique de H. Muraour ([4]), $D_0 = 4 + 5,4 \cdot 10^{-2} p_2$.

TABLEAU II. — Poudre B : CP à 13,25 % de N_2 — 54 % ; NG — 43 % ; C — 3 % ; $H'_p = 738,8$ Cal/kg ; $2\,400° \leqq T_2 \leqq 2\,500°K$ suivant p_2 ; $\rho_1 = 1,6$ kg/l ; $C_1 = 0,3$ Cal/kg.

p_2 (atm.)....	25.			50.			100.			200.		
T_1 °K........	273.	298.	323.	273.	298.	323.	273.	298.	323.	273.	298.	323.
D_0 (mm/sec) calc....	5,8	6,2	6,6	10,2	10,9	11,6	17,5	18,5	19,7	30,0	31,9	33,9
D_0 (mm/sec) obs. ([5]).	6,0	6,5	7,9	10,0	11,0	12,3	16,4	17,9	19,8	28,0	31,0	34,5

TABLEAU III. — *Variation de D_0 en fonction du taux d'humidité.*

p_2 (atm)......	25.		50.		100.		200.		1000.		
h %.........	0,9	1,8	0,9	1,8	0,9	1,8	0,9	1,8	0,9	1,8	2,7
Poudre A....	3,5	3,3	5,7	5,4	10,0	9,5	16,8	16,0	58,6	56,0	50,3
Poudre B.....	6,0	5,7	10,2	9,7	17,5	16,6	29,8	29,4	–	–	–

ÉLECTRICITÉ. — *Self propre et mutuelle inductance d'une nappe métallique sphérique et d'un solénoïde indéfini.* Note de M. **ANTOINE COLOMBANI**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Considérons une couche mince sphérique et conductrice de rayon a et d'épaisseur e soumise à un champ magnétique et périodique $H = H_0 \cos \omega t$. En régime quasi stationnaire et dans le cas où la pénétration $\varepsilon = (2\pi\omega\gamma)^{-1/2}$ est grande devant e, j'ai déjà donné les expressions des champs et de la puissance dissipée par courants de Foucault dans la sphère ([1]). Voici quelques autres résultats intéressants :

La puissance dissipée dans le métal est donnée par la valeur moyenne du flux du vecteur de Poynting sur la surface extérieure de la sphère. En coordonnées sphériques :

$$W = \frac{-1}{4\pi} \frac{1}{T} \int_0^T \int_0^\pi \int_0^{2\pi} h_{\varphi_1} \wedge H_{\theta_1} r^2 \sin\theta \, d\theta \, d\varphi \, dt = \frac{3}{2} H_0^2 \omega a^4 \frac{\varepsilon^2 e}{4a^2e^2 + 9\varepsilon^4},$$

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1149.

où

$$H_{\theta_1} = -H_0 \sin\theta \left[\cos\omega t + \frac{1}{2}\cos\chi\cos(\omega t + \chi)\right]$$ pour le champ magnétique tangentiel;

$$h_{\varphi_1} = -H_0 \frac{\omega a}{2} \sin\theta [\sin\omega t - \cos\chi \sin(\omega t + \chi)]$$ pour le champ électrique,

avec

$$\operatorname{tg}\chi = \frac{3\varepsilon^2}{2ae}.$$

La puissance dissipée dans la cavité est nulle. Comme on l'a déjà vu par un calcul différent, W passe par un maximum pour $e = (3/2)(\varepsilon^2/a)$ et vaut alors $(H_0^2/8)\omega a^3$ pour cette valeur optimum de e.

Ceci posé, la f. é. m. induite dans le solénoïde inducteur de rayon b est

$$e_s = 2\pi n b \int_{+\infty}^{-\infty} h_{\varphi_i}\, dz, \qquad \text{avec} \quad h_{\varphi_i} = -H_0 \frac{\omega a^3}{2 r^2} \sin\theta \cos\chi \sin(\omega t + \chi).$$

On trouve

$$e_s = 8\pi^2 n^2 I_0 a^3 \omega \cos\chi [j\cos\chi + \sin\chi], \qquad \text{avec} \quad H_0 = 4\pi n I_0$$
(n nombre de spires/cm du solénoïde).

Elle est finie, indépendante de b. On en déduit l'augmentation de résistance du solénoïde

$$R_1 = 48\pi^2 n^2 \frac{\omega a^4 \varepsilon^2 e}{4a^2 e^2 + 9\varepsilon^4}$$

et sa variation de self

$$L_1 = 32\pi^2 \frac{n^2 a^5 e^2}{4a^2 e^2 + 9\varepsilon^4}.$$

La surtension correspondante $s = L_1\omega/R_1 = (2/3)(ae/\varepsilon^2)$ est égale à 1 à l'optimum. A ce moment $L_1\omega = R_1 = 4\pi^2 n^2 \omega a^3$.

D'autre part, l'intensité induite dans la couche est

$$I_l = \int_0^{\pi}\int_{a-e}^{a} \gamma h_{\varphi_1} r\,dr\,d\theta = \gamma H_0 \omega a^2 e \sin\chi \cos(\omega t + \chi).$$

La résistance de la couche sphérique est donc $\mathcal{R} = W/I_l^2 = 2\pi/3\gamma e$. *Elle est indépendante du diamètre de la sphère.*

Quant à la self propre de la couche, par l'intermédiaire de la partie imaginaire de e_s et de la valeur de I_l on trouve $\mathcal{L} = (8/9)\pi^2 a$. Ce résultat obtenu très rapidement concorde avec celui obtenu par Mascart pour un enroulement sphérique à n_1 spires par centimètre : $\mathcal{L} = (8/9)\pi^2 n_1^2 a$. De la valeur $\mathcal{L} = (8/9)\pi^2 a$ on peut d'ailleurs déduire aisément que le champ à l'intérieur d'un enroulement sphérique est nécessairement constant et vaut $(8/3)\pi n_1$.

Signalons aussi que $\mathcal{L}\omega/\mathcal{R} = 2\pi e/3\varepsilon^2$ est égale à 1 à l'optimum.

Enfin, l'expression du coefficient d'induction mutuelle de la nappe sphérique

et du solénoïde inducteur indéfini se déduit de l'expression $e = -j\mathrm{M}\omega I_i$. On trouve

$$\mathrm{M} = \frac{8}{3}\pi^2 na^2\left[1 + \frac{9\varepsilon^4}{4a^2e^2}\right]^{\frac{1}{2}}, \qquad \text{soit} \quad \mathrm{M} = \frac{8}{3}\pi^2\sqrt{2}\,na^2 \quad \text{à l'optima.}$$

Ces résultats simples, non encore connus, sont susceptibles d'applications pratiques, en particulier dans la technique des hautes fréquences.

ÉLECTRONIQUE. — *Décade de compteur électronique. Indication directe du résultat par voyants au néon.* Note de M. **André Peuteman**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Une décade de compteur électronique a été constituée au moyen d'une échelle dite *de deux* et d'une échelle dite *de cinq* (¹). L'échelle de deux est formée d'une triode double dont les deux sections sont couplées plaque à grille par résistances. Cette échelle possède deux états stables, caractérisés par la conduction de l'une des deux sections, l'autre étant alors bloquée (ne conduisant pas le courant). On passe d'un état stable à l'autre au moyen d'impulsions négatives de courte durée appliquées à l'ensemble des deux grilles.

L'échelle de cinq est constituée de cinq triodes réparties en deux triodes doubles et une section d'une autre triode double, la section non utilisée de cette dernière servant au couplage entre les deux échelles. On obtient ainsi une décade, composée seulement de quatre lampes doubles, du type miniature. La cadence maxima de comptage de cette décade est de 120 000 impulsions par seconde.

L'échelle de cinq possède cinq états stables, caractérisés par la conduction d'une triode, les quatre autres étant bloquées; ceci est obtenu en commandant la grille de chaque triode par les tensions anodiques des quatre autres. On passe d'un état stable, caractérisé par la conduction d'une triode, à l'état voisin, caractérisé par la conduction de la triode voisine, au moyen d'impulsions positives appliquées à l'ensemble des cathodes de l'échelle de cinq. Le sens de la progression est fixé par des condensateurs reliant l'anode de chaque triode à la grille de la triode voisine, jusqu'à l'anode de la dernière triode. Celle-ci, reliée à la grille de la première, réalise une chaîne fermée.

Pour éviter la réaction de l'échelle de cinq sur l'échelle de deux, une triode à charge cathodique est interposée; sa grille est attaquée par les impulsions obtenues par dérivation de la tension anodique de la section 1 de l'échelle de deux (*fig.* 1). Les conditions à remplir sont les suivantes : d'une part, il faut éviter d'appliquer des impulsions négatives de trop grande amplitude sur les cathodes de l'échelle de cinq, pour ne pas provoquer de basculements intem-

(¹) P. Naslin et A. Peuteman, *Revue Générale de l'Électricité*, 1948.

pestifs de celle-ci. D'autre part, pour conserver aux impulsions positives leur acuité, malgré l'importante capacité cathodes-masse de l'échelle de cinq, le produit de cette capacité par la résistance de charge en régime variable de la

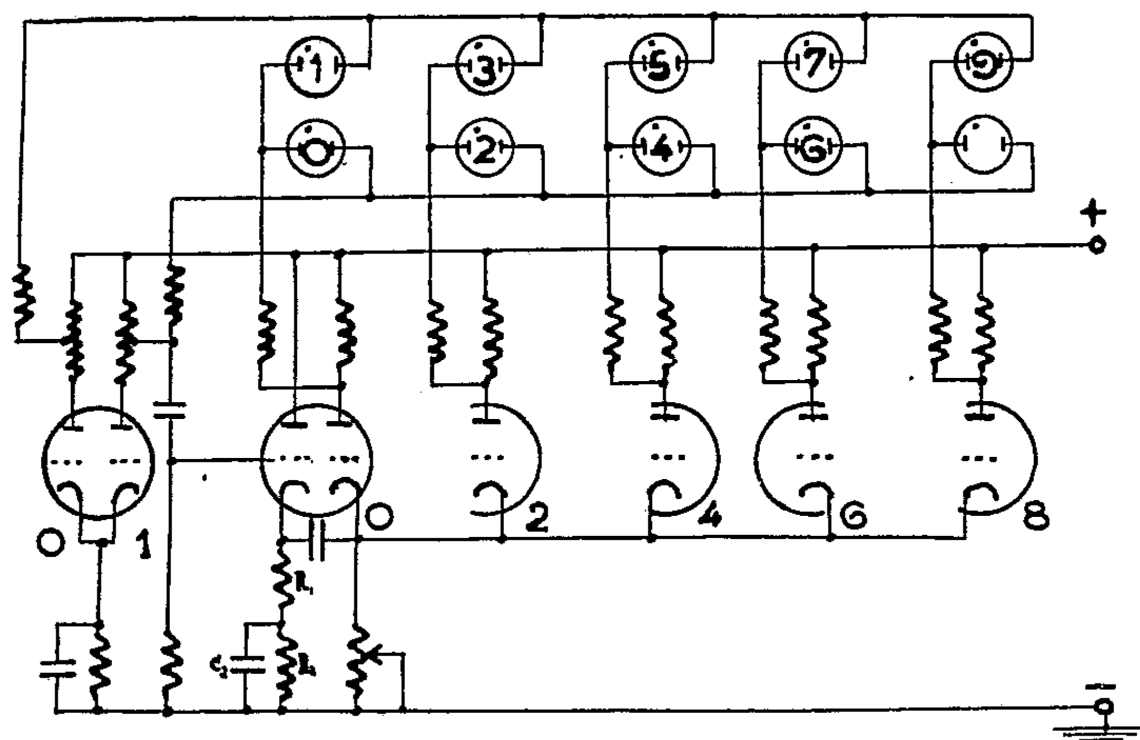


Fig. 1. — Schéma simplifié de la décade, montrant la lampe de liaison et le système indicateur.

lampe de liaison doit rester faible devant la durée des impulsions. C'est pourquoi la charge cathodique est constituée par une résistance faible R_1, qui est mise en série avec une résistance élevée R_2, connectée en parallèle sur un condensateur C_2 de capacité élevée.

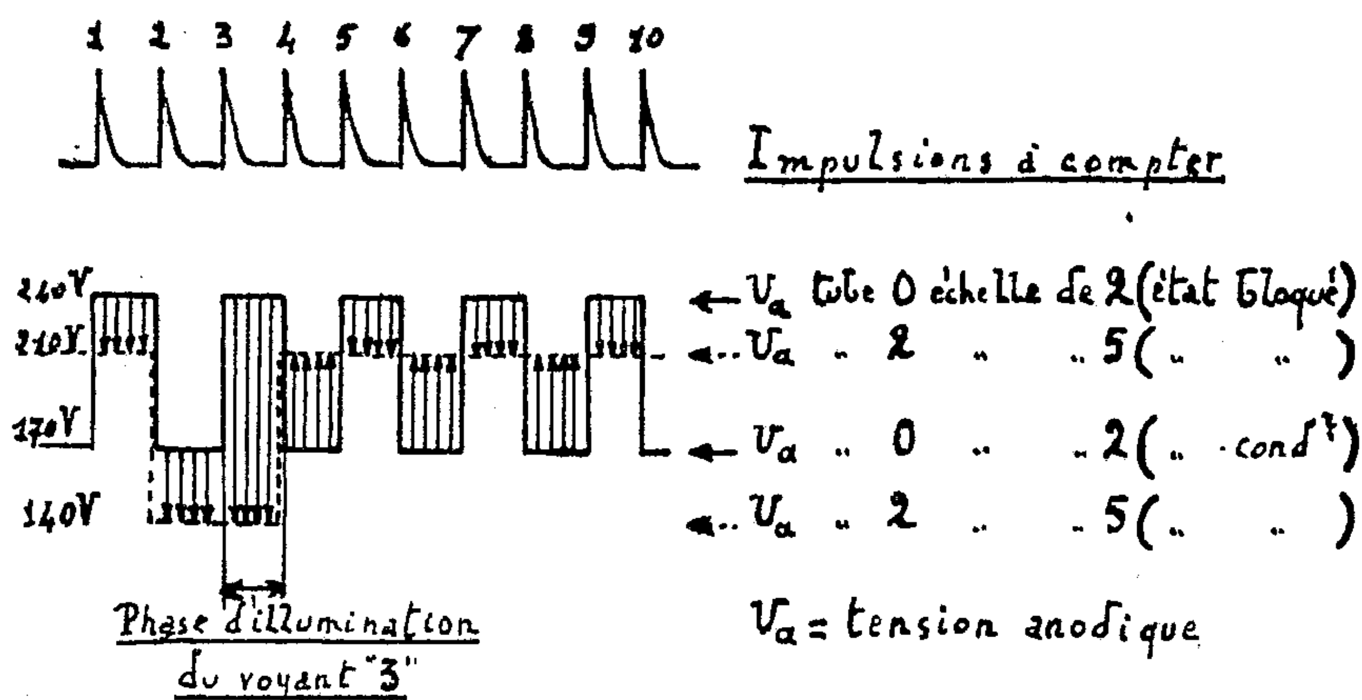


Fig. 2. — Tension aux bornes du voyant « 3 » en cours de fonctionnement.

Une indication directe à l'aide de dix voyants au néon à faible consommation a été obtenue en reliant (*fig.* 2) les bornes de gauche de ces voyants, par paire, aux anodes des triodes de l'échelle de cinq. La parité du nombre d'impulsions comptées est discriminée par la connexion des bornes de droite des voyants

pairs à l'anode de la section 1 de l'échelle de deux et des bornes de droite des voyants impairs à la section 2 de celle-ci. De cette façon, un voyant ne s'illumine que s'il est connecté entre l'anode d'une section non conductrice de l'échelle de deux et une section conductrice de l'échelle de cinq. Dans tous les autres cas, il sera éteint. La figure 2 montre, à titre d'exemple, la tension appliquée, en cours de fonctionnement, au néon 3 de la décade.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *L'amortissement des ondes électriques transitoires ou périodiques par les causes intérieures aux conducteurs, lors de leur propagation le long des lignes aériennes.* Note (*) de M. **René Pélissier**, présentée par M. Georges Darrieus.

La répartition de la densité de courant dans les câbles et dans le sol n'est pas homogène. L'amortissement des ondes qui en résulte est calculé à partir des équations de Maxwell et est donné par une formule simple. La théorie exposée est une généralisation et une simplification des théories de Carson et Pollaczek.

La propagation des ondes transitoires ou périodiques a toujours été étudiée à partir de l'équation des télégraphistes. Dans l'état actuel de la technique la représentation ainsi obtenue des phénomènes a une précision insuffisante.

On se bornera ici à établir des équations exactes dans le cas d'une ligne aérienne constituée soit par deux fils métalliques soustraits à l'influence du sol, soit par un seul fil métallique avec retour par le sol.

Sur un contour s'appuyant sur les génératrices en regard des conducteurs et fermé par deux lignes de force distantes de dx,

$$\int_C \overline{E}\,\overline{dl} = -\frac{d}{dt}\iint_S \overline{B}\,\overline{ds}. \tag{1}$$

Sur un autre contour, limité par deux équipotentielles distantes de dx, on écrit

$$\int_C \overline{H}\,\overline{dl} = 4\pi \iint_S \left(\overline{I} + \frac{\partial \overline{j}}{\partial t} + \frac{1}{4\pi v_0^2}\,\frac{\partial \overline{E}}{\partial t}\right)\overline{ds}. \tag{2}$$

L'emploi du calcul symbolique permet d'écrire des formules valables aussi bien en régime transitoire, qu'en régime sinusoïdal. Appelons C la capacité entre les conducteurs, ρ_1 et ρ_2 les résistivités, v_0 le rapport des unités électromagnétiques et électrostatiques, $Q_0(x)$ et $I_0(x)$ les répartitions initiales de la charge linéique et du courant. Les transformées de Laplace de la charge linéique du courant et des densités superficielles de courant sur les génératrices en regard des deux conducteurs seront notées respectivement : $q(x, p)$, $i(x, p)$, $w_1(x, p)$ et $w_2(x, p)$.

(*) Séance du 12 juin 1950.

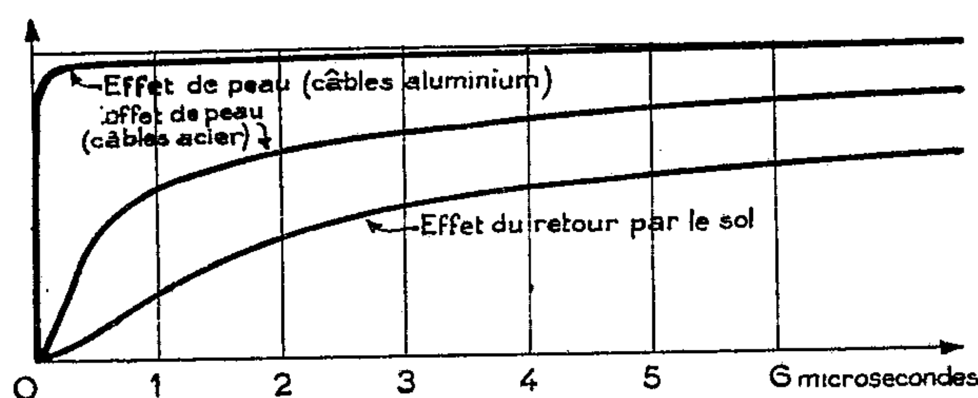
Enfin le courant de fuite entre les deux conducteurs est supposé négligeable. Les équations ci-dessus s'écrivent

$$(3)\qquad \begin{cases} -\dfrac{\partial q}{\partial x}=C(\rho_1 w_1-\rho_2 w_2)+\dfrac{1}{v_0^2}(pi-I_0),\\ -\dfrac{\partial i}{\partial x}=pq-Q_0.\end{cases}$$

Dans le cas de la ligne constituée par deux fils métalliques et pour les durées inférieures à la milliseconde, le calcul de l'effet de peau conduit à l'expression

$$(4)\qquad w_1=i\left(\frac{1}{4\pi r_1^2}+\frac{1}{r_1}\sqrt{\frac{\mu_1 p}{\pi\rho_1}}\right).$$

Pour étudier l'amortissement il est commode de se placer dans le cas particulier d'une ligne infiniment longue, soumise à son origine et à partir du repos



Amortissement d'une onde à front raide (échelon unité) après 10 km de parcours sur une ligne à haute tension.

à l'échelon de tension U (onde à front infiniment raide). Pour des temps ne dépassant pas quelques millisecondes et à 1 % près, on a, avec

$$(5)\qquad b_P=Cv_0^2\frac{1}{r}\sqrt{\frac{\mu\rho}{\pi}},\qquad a_P=Cv_0^2\frac{\rho}{4\pi r^2};$$

$$(6)\qquad Q(x,t)=CU_0 e^{-a_P\frac{x}{v_0}}\left(1-erf\frac{b_P x}{2v_0\sqrt{t-\frac{x}{v_0}}}\right).$$

Dans le cas où la ligne est constituée d'un fil unique avec retour par le sol, la résolution du problème nécessite d'autres hypothèses qui sont en fait vérifiées dans les cas pratiques. Il faut en particulier supposer que la répartition des charges à la surface du sol se fait suivant la même loi qu'en électrostatique. La densité superficielle de courant dans le sol, à l'aplomb du fil est alors

$$(7)\qquad w_0=\frac{2v_0^2}{h\sqrt{\pi\rho p}}\frac{\partial q}{\partial x}.$$

En posant

$$b_S=Cv_0^2\frac{2}{h}\sqrt{\frac{\rho}{\pi}},$$

expression semblable à celle de b_P, mais où ρ représente cette fois la résistivité du sol (si bien que b_S est 10 à 100 fois supérieur à b_P), on peut écrire, à la place de (6) :

$$(8) \qquad Q(x, t) = CU_0 e^{-\frac{3 b_S^2}{8} \frac{x}{\nu_0}} \left(1 - erf \frac{(b_S + b_P)\, x}{4 \nu_0 \sqrt{t - \frac{x}{\nu_0}}} \right).$$

Les résultats obtenus s'étendent facilement au cas d'une excitation quelconque de la ligne.

En particulier pour une onde sinusoïdale de fréquence supérieure au kilocycle par seconde, le facteur d'amortissement est

$$(9) \qquad \delta = \frac{b_P}{\sqrt{2\omega}} \frac{\omega}{\nu_0} \qquad \text{ou} \qquad \delta = \frac{b_S + b_P}{2\sqrt{2\omega}} \frac{\omega}{\nu_0},$$

suivant que la propagation a lieu entre deux fils ou un fil et le sol; de plus la vitesse de phase devient

$$(10) \qquad \nu = \nu_0 \left(1 - \frac{b_P}{\sqrt{2\omega}} \right) \qquad \text{ou} \qquad \nu = \nu_0 \left(1 - \frac{b_S + b_P}{2\sqrt{2\omega}} \right).$$

Pour la fréquence 50 la théorie montre que la vitesse de phase est diminuée de 3 % dans la propagation entre deux fils et de 35 % environ dans la propagation homopolaire. Ces chiffres théoriques sont en parfait accord avec les mesures faites par Fallou en 1932.

La théorie exposée généralise donc les théories de Carson et Pollaczek établies pour les régimes sinusoïdaux. Elle a l'avantage d'être plus simple.

ÉLECTRO-ACOUSTIQUE. — *Développement et application pratique de l'expérience de Melde.* Note (*) de M. **Maurice Martenot**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

L'absence de résonance propre du diffuseur à membrane de carton ressort singulièrement lors de l'emploi avec un instrument électrique. Pour y obvier, il est réalisé un diffuseur à multi-résonateurs accordés constitués par des cordes vibrantes ébranlées simultanément suivant un principe nouveau. La qualité du timbre est exceptionnelle et les sons acquièrent un relief stéréophonique. Les applications sont multiples.

Principe. — Après avoir réalisé un nouveau type de diffuseur à multi-résonateurs accordés, l'auteur s'aperçut que le principe de son invention comportait une relation étroite avec l'expérience de Melde. Les différences avec cette dernière sont : *a.* au lieu de fixer une corde à un diapason, celle-ci est

(*) Séance du 5 juin 1950.

reliée à une palette pouvant suivre les impulsions d'un courant modulé de fréquence variable; *b.* l'expérience est développée *en entraînant simultanément* par cette palette *plusieurs cordes différemment accordées; c.* ce nouveau principe d'entraînement simultané des cordes est appliqué à un diffuseur dans lequel les cordes transmettent leurs vibrations à une caisse de résonance appropriée.

Réalisation. — Sur celle-ci, 12 cordes d'acier sont fixées entre des tendeurs à vis micrométriques permettant l'accord, et une pièce métallique commune à toutes les cordes. Cette pièce, mobile transversalement à l'axe des cordes constitue un *sillet vibrant.* Placée dans l'entrefer d'un électro-aimant parcouru par des courants modulés, elle peut osciller en entraînant l'ensemble des cordes par leur extrémité, les vibrations de ces dernières étant transmises à la caisse de résonance par des chevalets individuels. Un dispositif analogue est placé sur l'autre face de la caisse. Le diamètre des cordes va de 49/100 à 65/100. Leur longueur, de 44^{cm} à 63^{cm}. Elles sont accordées chromatiquement sur toutes les notes du Do 2 au Si 2 inclus. Un courant modulé produit par un générateur quelconque, un instrument de musique électronique par exemple, permet l'ébranlement simultané de toutes les cordes par le sillet vibrant. Seules entrent en vibration celles présentant un rapport simple ou un rapport harmonique avec la fréquence d'excitation.

Particularités. — Que la corde excitée ainsi vibre en fondamentale ou en harmonique, les oscillations conservent une très grande perfection de forme et produisent donc des sons très purs. On conçoit que le principe qui consiste à ébranler simultanément toutes les cordes permettent de faire appel individuellement au son fondamental et à ses multiples harmoniques naturelles, chacune des cordes vibrant en toute indépendance. Un tel dispositif crée donc un son riche par synthèse de sons individuellement purs. Cette caractéristique est particulièrement sensible dans la période d'émission du son, alors que dans les instruments traditionnels, le timbre est toujours plus ou moins altéré par des vibrations parasitaires inhérentes au mode d'ébranlement, qu'il soit frappe, frottement ou pincement. (Le mode d'ébranlement par action magnétique directe sur les cordes, qui fut essayé sur les pianos, ne saurait être comparé en raison du temps nécessaire à la mise en vibration des cordes). L'amplitude des oscillations obtenues même quand les cordes vibrent en harmoniques (l'harmonique 7 est nettement perceptible) donne à ce dispositif de 12 cordes réparties sur une seule octave, une étendue pratique de 6 octaves, pour laquelle 72 cordes seraient normalement nécessaires. Notons que les sons inférieurs à l'Ut 2 sont parfaitement audibles, bien que n'étant pas représentés par des cordes correspondantes : *a.* en raison de la transmission d'une partie des vibrations de la palette à la caisse de résonance par l'intermédiaire de l'ensemble des cordes; *b.* parce que toutes les cordes présentant un rapport harmonique avec les sons joués entrent en vibration et provoquent en quelque sorte par extrapolation l'impression du son fondamental.

Applications pratiques. — Actuellement, les appareils reproducteurs ou producteurs de sons sont constitués par des membranes apériodiques, aux oscillations très amorties. Il en résulte, dès l'interruption du courant modulé, une brusque interruption du son. Ici, au contraire, l'action *directe* sur des résonateurs accordés, permet, tout en conservant les avantages d'une faible inertie à l'ébranlement, d'obtenir des vibrations libres succédant à chaque vibration forcée, même si la durée des premières est très courte. Grâce à cette résonance, l'instrument crée lui-même une ambiance acoustique qui rend négligeable, dans une grande proportion, les caractéristiques acoustiques du lieu. Ainsi, même dans une pièce de faible volume et particulièrement amortie, les sons semblent émis dans une vaste salle, voire une cathédrale. En même temps, la matité toujours reprochée aux diffuseurs à membrane de carton, fait place à un enrichissement du timbre et à une certaine stéréophonie.

C'est au premier chef avec les instruments de musique électriques ou radioélectriques que cet appareil trouve son emploi, mais l'on peut envisager que sous des formes diverses, il sera utilisé par les appareils de reproduction musicale de qualité : récepteurs de radio, électrophones, etc. En outre, une importante application pratique est actuellement à l'étude en vue de constituer avec cet appareil une chambre d'écho de très faible volume, aisément transportable, infiniment moins coûteuse que les installations actuelles et qui aura sa place dans tous les studios d'enregistrement : radiodiffusion, disques, films, etc.

OPTIQUE. — *Transformateur d'ouverture numérique pour objectif de microscope.* Note (*) de MM. **Maurice Françon** et **Georges Nomarski**, présentée par M. Armand de Gramont.

Le dispositif se place entre la préparation et un objectif ordinaire de microscope. Il est constitué par un système aplanétique qui multiplie l'ouverture numérique $\sin u$ d'un objectif à sec par un facteur égal à l'indice n du liquide d'immersion utilisé. Son grossissement propre est égal à $-n$.

L'appareil que nous avons étudié est représenté schématiquement par la figure 1. Il se compose d'une demi-boule de verre de diamètre CD coupée à la moitié du rayon par le plan AB. Le plan AB appartenant à l'une des deux parties est rendu semi-réfléchissant.

Un petit écran opaque E est placé au centre de AB. Les deux parties de la demi-sphère sont ensuite recollées.

La partie supérieure est creusée par un dioptre de centre M′ symétrique du centre M de la sphère AM′B par rapport au plan AB. On argente enfin la calotte AI, JB.

La préparation étant en M, un rayon quelconque de lumière MP traverse la

(*) Séance du 12 juin 1950.

couche semi-réfléchissante AB en N. Une moitié est réfléchie vers le bas et peut être considérée comme perdue. L'autre moitié tombe en P sur l'argenture, revient en N et le quart de la lumière incidente aboutit en M' au centre du dioptre. Grâce à l'écran opaque E, la lumière ne peut pénétrer directement dans l'objectif du microscope sans avoir choisi le trajet précédent.

Soient n l'indice de la demi-boule, y la dimension d'un petit objet placé en M et y' la dimension de l'image en M'; la relation des sinus donne

$$ny \sin u = y' \sin u$$

u étant l'angle d'ouverture maximum.

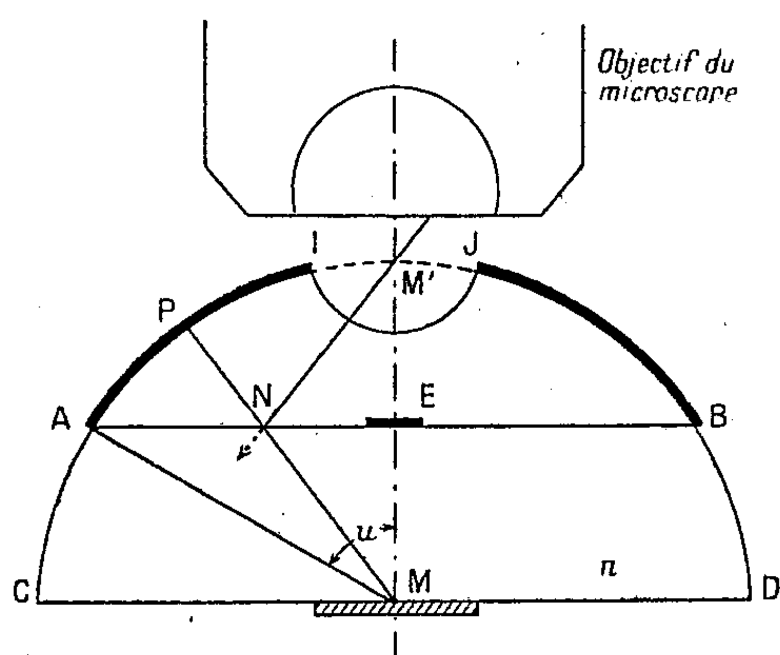


Fig. 1.

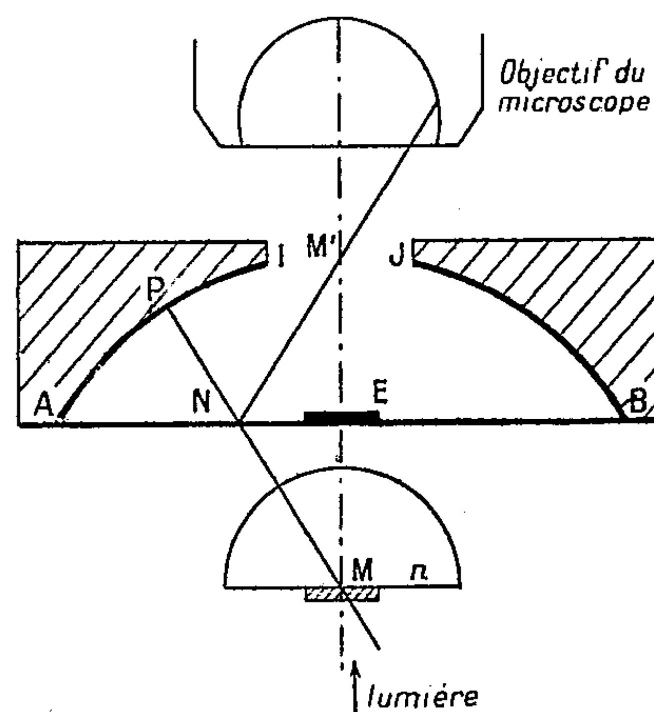


Fig. 2.

Si $u = 60°$ (cas de la figure) et si l'ouverture d'un objectif à sec est $\sin u = 0{,}86$ on peut obtenir avec un liquide d'immersion d'indice $n = 1{,}68$ une ouverture numérique $n \sin u = 1{,}68 . 0{,}86 = 1{,}45$.

Il est possible d'améliorer le système en abaissant le plan AB vers CD.

On peut obtenir au maximum $u = 72°$, c'est-à-dire utiliser un objectif à sec d'ouverture $\sin u = 0{,}95$ et travailler effectivement avec une ouverture $1{,}68 . 0{,}95 = 1{,}60$.

Le rayon r du dioptre ne devra pas être trop grand, afin que la diaphragmation centrale du miroir AM'B qui en résulte reste dans les limites admises par la règle de Lord Rayleigh. D'autre part, le rayon R de la demi-boule doit être assez grand pour que l'astigmatisme ne soit pas gênant dans un demi-champ utilisable d'environ $0^{mm},1$, suffisant avec les objectifs puissants.

Si λ est la longueur d'onde utilisée on peut écrire

$$n\left[\frac{2}{R} + \frac{n-1}{r}\right] \leq \frac{400\lambda}{\sqrt{2\sin^2 u}}.$$

Notons que la courbure de champ du dioptre étant inverse de celle de la

sphère, il est possible, pour l'ensemble du dispositif et du microscope, de diminuer la courbure de champ.

On peut donner à ce problème une deuxième solution en remplaçant la demi-boule par un miroir sphérique concave de centre M et en plaçant contre la préparation une lentille dont la face sphérique a pour centre le même point M (*fig.* 2). La réflexion en N se fait sur une lame de verre semi-réfléchissante. Les aberrations introduites par cette dernière lame peuvent être compensées par une déformation convenable de sa surface ou en plaçant un élément correcteur après l'objectif.

SPECTROGRAPHIE. — *Spectre d'absorption du chlorure de méthyle gazeux à* $1^{\mu},6$. Note de Mme **Raymonde Mathis-Noël**, présentée par M. Jean Cabannes.

La molécule de chlorure de méthyle a un axe de symétrie d'ordre 3 et appartient au groupe C_{3v}.

Ses vibrations fondamentales sont au nombre de 6, trois totalement symétriques parallèles A_1 (ν_1, ν_3, ν_5) et trois dégénérées perpendiculaires E (ν_2, ν_4, ν_6). Elles ont été déterminées par Bennett et Meyer (1) et par Barker et Plyler (2). L'observation des spectres a cependant montré sept bandes fortes dont quatre parallèles; deux de celles-ci à 2878 cm^{-1} et 2966 cm^{-1} constituent un doublet qui a pu être expliqué par résonance de Fermi entre la vibration parallèle ν_1 et le sous-niveau parallèle de l'harmonique $2\nu_4$ ($A_1 + E$) [Adel et Barker (3)]. Les fréquences des sept bandes fortes observées s'interprètent alors ainsi :

$$(\nu_1, 2\nu_4) \begin{cases} 2878 \text{ cm}^{-1} \parallel, \\ 2966 \text{ cm}^{-1} \parallel, \end{cases} \quad \nu_3 \quad 1355 \text{ cm}^{-1} \parallel, \quad \nu_6 \quad 732 \text{ cm}^{-1} \parallel,$$

$$\nu_2 \quad 3042 \text{ cm}^{-1} \perp, \quad \nu_4 \quad 1455 \text{ cm}^{-1} \perp, \quad \nu_6 \quad 1015 \text{ cm}^{-1} \perp.$$

Nous avons étudié le spectre d'absorption de ce corps dans la région de l'harmonique $n = 2$ de la vibration C — H à $1^{\mu},6$ (4), au moyen d'un spectrographe à réseau décrit antérieurement (5). Nous avons obtenu un ensemble de bandes assez complexe (*fig.* 1), dont l'origine peut être expliquée par diverses combinaisons binaires entre les fréquences ν_1, ν_2, $2\nu_3$, $2\nu_4$ et les fréquences de résonance (ν_1, $2\nu_4$) (ν_1, $2\nu_3$) (ν_2, $2\nu_4$), qui peuvent être aussi

(1) *Phys. rev.*, 32, 1928, p. 888.

(2) *J. of Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 367.

(3) *J. of Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 627.

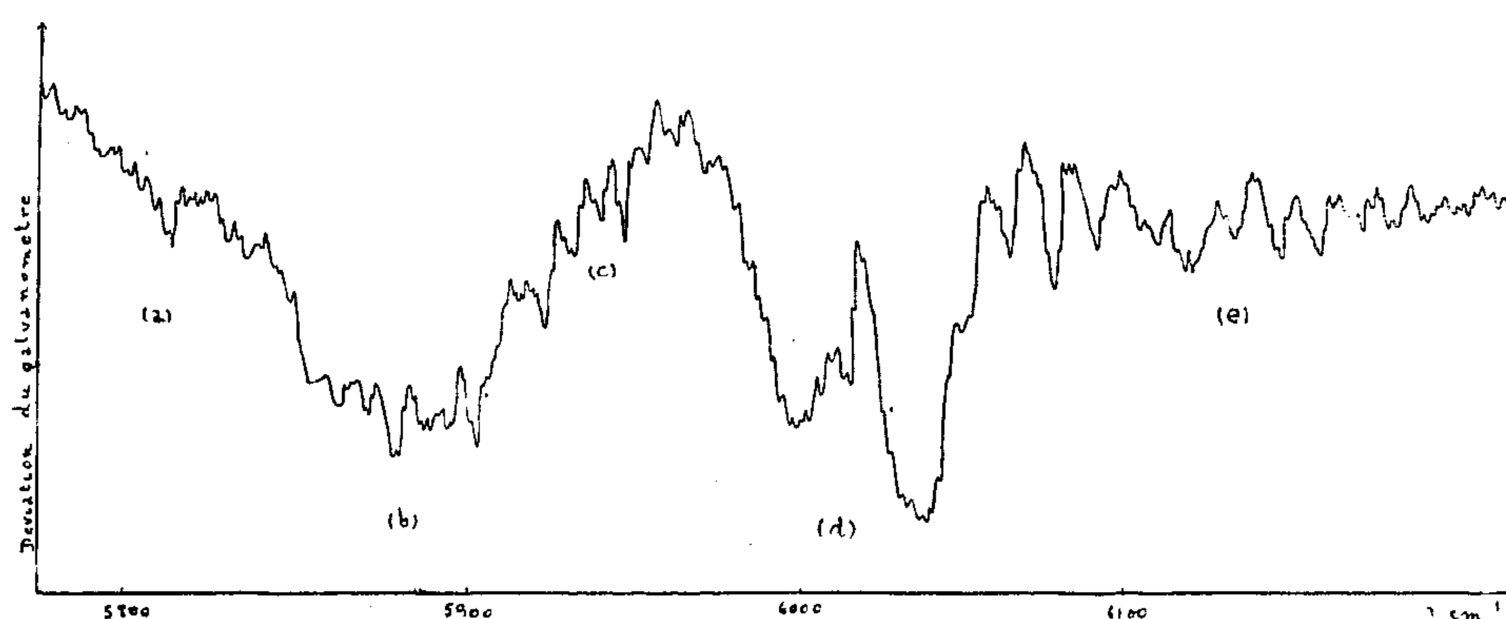
(4) A. H. Nielsen and E. F. Barker, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 970; J. G. Moorhead, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 83.

(5) A paraître, *J. de Phys.*

envisagées puisqu'elles sont susceptibles de faire intervenir chacune deux niveaux ou sous-niveaux de même genre.

ν_1 du type $A_1 \parallel$,
$2\nu_4$ du type $A_1 \parallel + E \perp$;
ν_1 du type $A_1 \parallel$,
$2\nu_3$ du type $A_1 \parallel$;
ν_2 du type $E \perp$,
$2\nu_4$ du type $E \perp + A_1 \parallel$.

La résonance $(\nu_2, 2\nu_3)$ se produirait entre des niveaux de genres différents $(\nu_{2\perp}, 2\nu_3\parallel)$ et ne peut avoir lieu.



Parmi les différentes combinaisons possibles, la nature des bandes observées nous a amené à conclure à l'existence de quatre bandes perpendiculaires et d'une bande parallèle, dont les fréquences sont indiquées dans le tableau I.

TABLEAU I. — *Bandes de* CH_3Cl *à* $1^{\mu},6$.

	ν observées.	Type.	Interprétation.
(*a*)	5 802	$\perp$	$\nu_2 + (\nu_1, 2\nu_3, 2\nu_4)$ (E)
(*b*)	5 862	$\perp$	$\nu_2 + (\nu_1, 2\nu_3, 2\nu_4)$ (E)
(*c*)	5 932	$\perp$	$\nu_2 + (\nu_1, 2\nu_3, 2\nu_4)$ (E)
(*d*)	6 008	$\parallel$	$2\nu_2(A_1)$
(*e*)	6 102	$\perp$	$2\nu_2$(E)

Les bandes (*d*) et (*e*), vers les grandes fréquences ont été attribuées à l'harmonique 2 de la vibration perpendiculaire ν_2; ν_2 est du type E; $2\nu_2$ est du type A + E.

Les bandes (*a*), (*b*), (*c*) vers les basses fréquences ont été attribuées à la combinaison $\nu_2 + (\nu_1, 2\nu_3, 2\nu_4)$. Le symbole $(\nu_1, 2\nu_3, 2\nu_4)$ représente une double résonance entre les niveaux $\parallel$ ν_1 et $2\nu_3$ et sous le niveau $\parallel$ de $2\nu_4$. Cette double résonance entre trois niveaux parallèles donnerait naissance à trois

vibrations ∥ A_1 et leur combinaison avec $\nu_2(E)$ expliquerait les trois vibrations ⊥ (E) que l'on observe.

Cette interprétation serait en accord avec celle qu'ont proposée K. P. Yates et H. H. Nielsen (6) pour le spectre à $3^{\mu},4$ de CH_3F (analogue à CH_3Cl). Ces auteurs observent dans la région de $3^{\mu},4$ trois bandes parallèles, attribuées à la double résonance.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Absorption de l'ozone dans la région des bandes de Huggins. Influence de la température.* Note de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai repris ces mesures, déjà faites plusieurs fois (1) mais avec des résultats notablement différents. Le spectrographe, ouvert à *f*/9 a une dispersion de 31^{mm} entre 3 660 et 3 021 Å. La source est un tube à hydrogène. Au-dessous de 18°, on obtient des paliers de température en compensant partiellement le refroidissement produit par de la glace carbonique par l'effet Joule dans un conducteur enroulé sur le tube d'absorption. Les températures sont repérées à l'aide d'un thermomètre à résistance disposé à l'intérieur du tube d'absorption.

Pour les températures supérieures à 18°, le tube d'absorption a 3^{m} de long. Un conducteur enroulé régulièrement permet de réaliser la température voulue, que l'on repère à l'aide d'un thermomètre à mercure, laissé à l'intérieur du tube avant de le fermer.

Les résultats de très nombreuses mesures sont condensés dans le tableau suivant. En haut de chaque colonne on a indiqué la température. Les astérisques marquent les maxima et les minima principaux. Les valeurs données sont celles des coefficients d'absorption multipliées par 10^3.

λ.	—92°.	—75°.	—59°.	—44°.	—30°.	18°.	50°.	85°.	120°.
3455........	–	–	–	–	–	9,9	16,2	27,7	41,2
3451....	–	–	–	–	–	8,1	13,6	17,7	31,8
3439*.......	–	–	–	–	–	21,5	24,8	29,1	46,1
3433....	–	–	–	–	–	11,9	18,9	26,0	43,1
3429........	–	–	–	–	–	13,6	21,6	30,5	53,2
3426*...	–	–	–	–	–	8,9	16,7	25,0	42,0
3419........	–	–	–	–	–	11,0	18,5	26,5	46,8
3417....	–	–	–	–	–	9,5	16,1	23,4	41,2
3403*.......	31,6	30,8	31,0	31,0	32,0	36,0	41,2	51,6	77,0
3401....	–	–	–	–	–	21,4	32,7	44,5	70,3
3398........	–	–	–	–	–	23,3	33,7	46,3	74,1

(6) *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 399.

(1) Wulf et Melvin, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 330; E. Vassy, *Thèse de doctorat*, 1937; Barbier et Chalonge, *Ann. de Phys.*, 17, p. 272.

λ.	−92°.	−75°	−59°.	−44°.	−30°.	18°.	50°.	85°.	120°.
3391* ...	–	–	–	–	–	16,9	27,5	37,8	62,4
3372*	56,7	53,8	51,9	50,9	51,5	58,0	64,9	76,9	111
3369....	27,8	26,7	28,0	31,0	30,9	39,5	49,8	62,5	95,5
3365........	33,3	34,7	32,5	34,4	34,3	42,5	52,2	66,1	102
3357* ...	–	–	–	–	–	27,3	37,4	51,7	83,9
3338*	79,8	78,2	74,9	73,3	75,3	85,5	99,4	116	166
3334....	32,5	33,7	34,2	36,2	37,7	55,0	–	–	–
3332........	35,0	35,1	35,7	36,9	40,0	58,0	–	–	–
3328* ...	25,4	27,3	28,2	28,6	31,8	43,0	59,3	78,4	123
3312*	110	104	102	103	106	119	135	160	220
3309....	71,4	70,6	71,2	72,3	75,4	94,0	110	135	194
3303........	89,6	89,6	87.3	88,9	90,4	104	122	146	209
3299* ...	37,4	36,4	37,5	41,0	46,0	67,5	89,2	116	178
3295........	40,6	35,4	35,9	–	–	–	–	–	–
3292....	33,8	29,7	32,7	–	–	–	–	–	–
3279*	190	174	171	170	172	183	200	230	298
3275....	94,7	91,6	91,7	91,7	100	123	149	185	268
3272....*...	111	106	104	107	111	135	161	198	276
3269* ...	57,3	57,9	63,3	67,4	75,1	107	136	183	262
3255........	181	172	172	177	182	210	236	270	360
3253....	160	160	162	166	171	202	227	259	351
3248*	255	244	236	233	235	252	275	306	411
3245....	129	129	130	135	141	180	211	255	363
3242........	134	134	134	136	145	184	220	265	379
3239* ...	86,1	91,0	97,4	106	117	163	201	249	366
3226........	309	299	293	296	300	329	358	393	520
3223....	237	246	246	252	260	298	335	376	505
3220*	332	313	307	304	308	338	369	405	542
3216* ...	180	179	183	189	201	250	302	352	492
3210........	189	185	189	197	211	265	285	–	–
3209....	171	171	178	189	204	255	290	–	–
3200*	423	402	395	398	406	450	480	523	701
3199....	351	349	342	346	355	412	454	505	681
3194........	388	384	376	377	387	444	477	528	716
3190* ...	263	259	267	280	295	363	421	482	675
3176*	533	508,5	500	510	528	584	627	662	854
3173....	452	437	438	449	469	546	598	639	850
3170........	483	471	470	480	498	577	629	672	883
3167* ...	410	403	410	425	451	542	602	656	867
3154*	688	649	640	654	676	754	789	846	1086
3151* ...	561	542	544	563	591	694	750	822	1063
3148,.......	587	568	571	591	616	731	1006	–	–
3146....	558	545	555	575	605	723	986	–	–
3135*	856	815	813	832	859	960	–	–	–
3130* ...	773	740	744	767	801	923	–	–	–
3113*	1120	1050	1046	1071	1111	1270	–	–	–
3112* ...	1072	1014	1016	1051	1094	1220	–	–	–
3107*	1204	1141	1146	1179	1221	1360	–	–	–
3106* ...	1160	1104	1116	1161	1209	1300	–	–	–

Ces résultats confirment ceux de Barbier et de Chalonge :

a. Les coefficients d'absorption des maxima varient entre — 92 et 18° C, ils passent par un minimum vers — 60°.

b. Les coefficients des minima ne varient pas linéairement avec la température.

c. Quand la longueur d'onde décroît, le minimum présenté par les maxima d'absorption s'atténue en valeur relative et les minima d'absorption tendent aussi à avoir une valeur minimum aux basses températures, c'est-à-dire qu'à mesure que les bandes s'estompent, l'allure des variations des coefficients d'absorption avec la température tend à devenir la même pour les maxima et les minima.

d. Les variations des coefficients deviennent considérables aux températures assez élevées.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Remarques au sujet du pouvoir rotatoire magnétique des solutions et de sa variation thermique.* Note de Mlle **Marie-Claire Ollivier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. La solution étudiée occupe, entre galets légèrement prismatiques, une petite cuve dans un champ magnétique maintenu constant ($lH = 38\,500$ u. é. m.). Pendant que sa température t, à tout moment connue à 0°,05 près, *s'élève* très lentement, de nombreuses mesures de la rotation θ sont faites (5460 Å). Puis on pose : θ (ou $-\theta$) $= a - bt + Y$ (a, b, constantes). La courbe $Y(t)$ peut présenter des clasties comme cela a été indiqué (¹) pour d'autres propriétés.

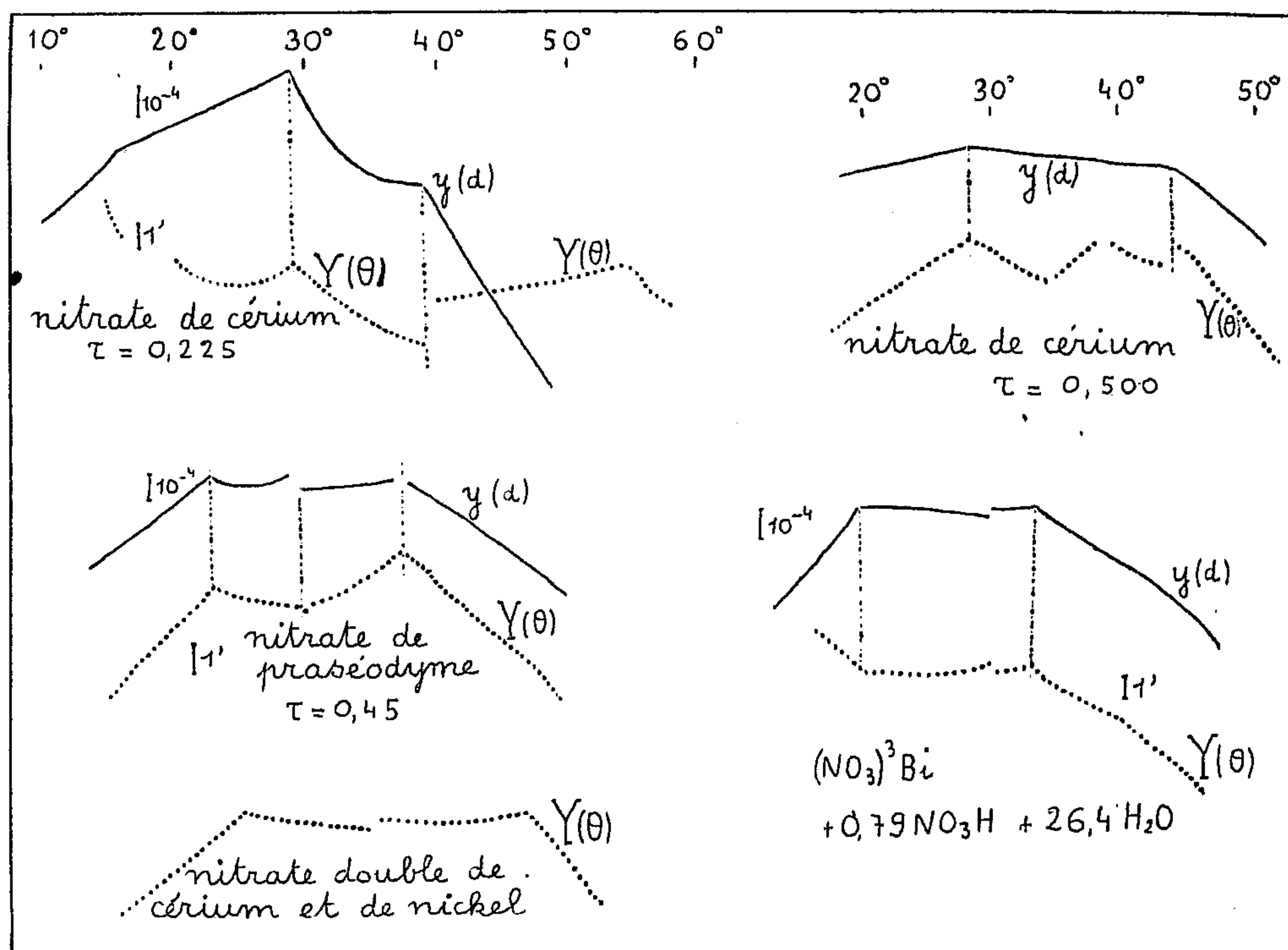
Cela s'observe notamment pour des corps négatifs (²) à forte variation thermique (nitrates de cérium, de praséodyme, nitrates doubles de Ce et Ni, Ce et Mn); parmi les corps positifs de médiocre variation thermique, je ne puis citer actuellement que le nitrate de bismuth en solution nitrique. Aux incertitudes expérimentales près, les clasties ont lieu aux mêmes températures que pour la densité d; il arrive qu'on ne les retrouve pas dans la variation de θ/d et par suite du pouvoir rotatoire magnétique spécifique G du corps dissous.

Les courbes ci-jointes indiquent les variations des excédents y pour les den-

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948 p. 1012 et 228, 1949 p. 984 et p. 1697. a et b sont choisis de façon à annuler Y en deux points de l'intervalle exploré (2° à 80°).

(²) Parmi les publications relatives à ces corps, *voir* celles de H. Ollivier, *Ann. Phys.*, 11, 1939. p. 461 ; Pillai, *Indian J. of Phys.*, 7, 1932, p. 5; Dupouy, Henny, Scherer, Roberts, Gorter et Slack (*passim*); Fert, *Ann. de Toulouse*, 1949 et les Mémoires cités par ces savants; pour les discussions relatives à la loi d'additivité et au facteur $k = n(n^2 + 2)^{-2}$ celles de de Mallemann et de ses collaborateurs. Je n'ai pas eu a introduire ce facteur k, les solutions que j'ai mélangées ayant des indices n très voisins (*loc. cit.*). Il y en a probablement aussi à des températures plus basses et plus hautes.

sités d et Y pour les rotations θ, dans le cas de deux solutions de nitrate de cérium, de solutions de nitrate de praséodyme, de nitrate double de Ce et Ni, de nitrate de bismuth. Les clasties indiquées se placent sur la courbe VIII.



2. J'ai mélangé des solutions et obtenu notamment les sels doubles classiques $2(NO_3)_3Ce$, $3(NO_3)_2M$ (M est Ni, Mn, Mg, ...) qui donnent de beaux cristaux, avec $24H_2O$; préparé des solutions des sels constituants, diluées jusqu'au titre obtenu dans le mélange; et étudié les rotations de toutes.

Soit μ_0, μ_1, μ_2, μ_3, ... les masses d'eau et des corps anhydres formant 1^g du mélange; α_1 et ρ_1 la constante de Verdet et la rotation observée pour l'eau à la température fixe t_1; et à la température t (variable) θ et d la rotation et la densité du mélange, G_1, G_2, G_3, ... les pouvoirs rotatoires magnétiques spécifiques des corps anhydres dissous dans les conditions du mélange. La loi d'additivité peut ici s'écrire

$$\text{(V)} \qquad \frac{\theta}{d}\frac{\alpha_1}{\rho_1} = \frac{\alpha}{e}\mu_0 + G_1\mu_1 + G_2\mu_2 + G_3\mu_3 + \ldots.$$

Bien que le tableau des rotations puisse souvent présenter un aspect paradoxal (3)

(3) Exemple : Rotations à 20°. Eau + 595′. Solution S de nitrate double de Ce et Mn ($\tau = 0,410$) — 242′,8; solution de nitrate de Ce ayant même titre en cérium que S : — 91′,2; solution correspondante de nitrate de Mn : + 573′.

j'ai trouvé la formule (V) vérifiée, à moins de 3 °/₀₀ près, aux diverses températures, dans les mélanges de nitrates Ce et Mn, Ce et Ni, Mn et Bi (dans ce dernier cas, avec addition d'acide azotique; la vérification s'est faite à moins de 2 °/₀₀ près). Entre les corps indiqués, aucune trace de formation de composés n'a été décelée en solution par l'étude magnéto-optique. Par exemple, les nitrates de cérium et de manganèse (si dissemblables au point de vue des rotations) et qui donnent un sel double défini se comportent en solution chacun comme s'il était seul, dans l'intervalle de températures exploré, et même aux températures critiques.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Note sur le réglage automatique de tension des compteurs de Geiger*. Note (*) de M. **Claude Brachet**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Nous avons constaté, lors de mesures de contrôle industriel mobile pour des recherches de corrosions locales, que les indications obtenues au moyen de compteurs de Geiger manquaient de constance en raison des variations introduites par l'ajustement manuel de la tension appliquée au compteur.

Il est en effet difficile même pour un observateur exercé de se placer, d'une mesure à l'autre, au même point de fonctionnement du compteur, particulièrement lorsque le palier est peu étendu ou sa pente notable. On constate même que le seuil du palier peut se déplacer sensiblement au cours de la mise en route, rendant nécessaires des retouches successives du réglage.

Pour assurer aux mesures une plus grande fidélité et accroître leur précision nous avons réalisé un dispositif de réglage automatique de la tension appliquée au compteur (¹) qui utilise l'accroissement d'amplitude des impulsions du compteur avec la tension appliquée à celui-ci et assure l'ajustement requis sans aucune intervention de l'opérateur. A cet effet la lampe triode ou penthode régulatrice de tension usuelle est commandée par un détecteur d'amplitude à seuil qui entre en action dès que cette amplitude dépasse une valeur déterminée et intervient dans le sens voulu pour réduire la tension appliquée. Le compteur se trouve ainsi maintenu à un point de fonctionnement bien défini, correspondant à une amplitude maxima d'impulsions toujours la même. Il importe toutefois pour éviter toute instabilité de rendre cette action régulatrice suffisamment progressive par un circuit tampon à résistance-capacité.

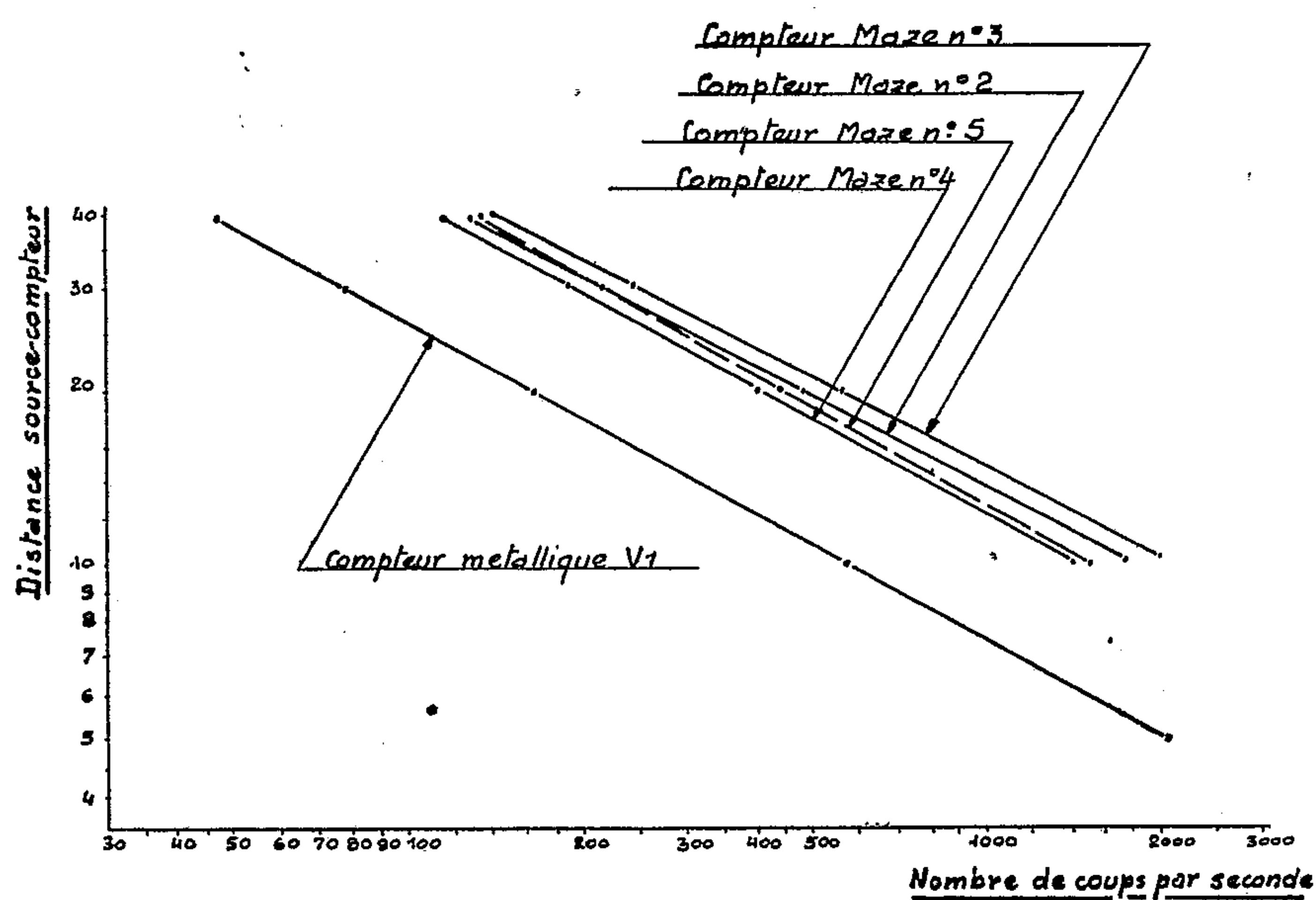
On peut aussi dans le même sens, moyennant quelques précautions appropriées, utiliser un réglage discontinu au moyen d'un thyratron déclenché par toute impulsion dépassant la valeur fixée, et dont la décharge réduise d'une

(*) Séance du 12 juin 1950.

(¹) Brevet français n° 565 384 du 29 décembre 1948.

quantité déterminée de l'ordre de quelques volts la tension appliquée au compteur.

On assure ainsi au compteur, en dehors de toute intervention de l'opérateur, des conditions de fonctionnement parfaitement constantes et reproductibles. La précision du réglage obtenu permet d'ailleurs d'opérer avec avantage avec des impulsions de très faible amplitude, de l'ordre d'une dizaine de millivolts,



qui correspondent à l'immédiat début du palier et même à la région de proportionnalité; il convient dans ce dernier cas d'utiliser un amplificateur suffisamment sensible pour enregistrer toutes les impulsions malgré leurs différences d'amplitude relative. On assure ainsi au compteur un temps mort d'impulsion réduit et une durée de vie accrue.

La finesse du réglage automatique ainsi assuré est particulièrement illustrée par le fait qu'il nous a permis d'utiliser directement, sans lampe auxiliaire de coupure, des compteurs à hydrogène dont le palier est dans ces conditions extrêmement réduit et hors d'atteinte du réglage manuel.

Ce réglage automatique rend possible l'emploi des compteurs à cathode externe pour les comptages à cadence élevée qui se présentent dans les applications industrielles. La tension appliquée au compteur se trouve en effet automatiquement relevée, dans la mesure voulue pour compenser à chaque instant la chute ohmique de tension qui se produit dans l'épaisseur du verre, et qui habituellement limite à quelques dizaines de coups par seconde les cadences de comptages utilisables.

Nous avons vérifié ce résultat en nous assurant sur plusieurs compteurs du type Maze que les comptages obtenus suivaient bien la loi de l'inverse carré de la distance entre le compteur et une petite source radioactive de 1^{mg}. Les relevés obtenus confirment effectivement qu'il en est ainsi au moins jusqu'à des cadences atteignant 2000 par seconde, limite imposée par le totalisateur électronique utilisé.

Ce résultat permet d'étendre largement l'emploi des compteurs à cathode externes notamment pour les applications industrielles et tirer plein avantage de leur simplicité constructive.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Anomalies observées dans la relation parcours-vitesse pour les particules α dans les émulsions photographiques.* Note (*) de MM. **Léopold Vigneron** et **Maarten Bogaardt**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Soient M, z, v, x, la masse, le nombre de charges, la vitesse et le parcours restant d'un projectile nucléaire dans un ralentisseur dont les électrons les plus rapides ont la vitesse v_1. Soient v_2 la vitesse en dessous de laquelle la particule commence à capturer des électrons d'une façon appréciable, v_3 la vitesse en dessous de laquelle les chocs atomiques contribuent notablement au ralentissement qui cesse d'être dû uniquement à l'ionisation. On a

$$v_1 > v_2 \gg v_3. \tag{1}$$

Il ressort des travaux théoriques de Bethe (1) que la perte d'énergie due à l'ionisation peut être mise sous la forme :

$$\frac{dE}{dx} = z^2 f(v), \tag{2}$$

$f(v)$ dépendant du ralentisseur, mais non de la nature de la particule. Bethe (2) n'a pu expliciter $f(v)$ que pour $v > 0{,}3\,v_1$, la formule (2) prend alors une forme moins générale, mais qui, par contre, peut être intégrée

$$\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2 ZN}{mv^2}\left(\log\frac{2\,mv^2}{I} - \frac{C_k}{Z}\right). \tag{3}$$

Dans un même milieu ralentisseur, pour $v > v_3^*$ (protons) et pour $v > v_3$

(*) Séance du 12 juin 1950.

(1) *Ann. der Phys.*, 5, 1930, p. 325.

(2) M. S. Livingston et H. A. Bethe, *Rev. Mod. Phys.*, 9, 1937, p. 263.

(particules α), la formule (2) peut encore s'écrire

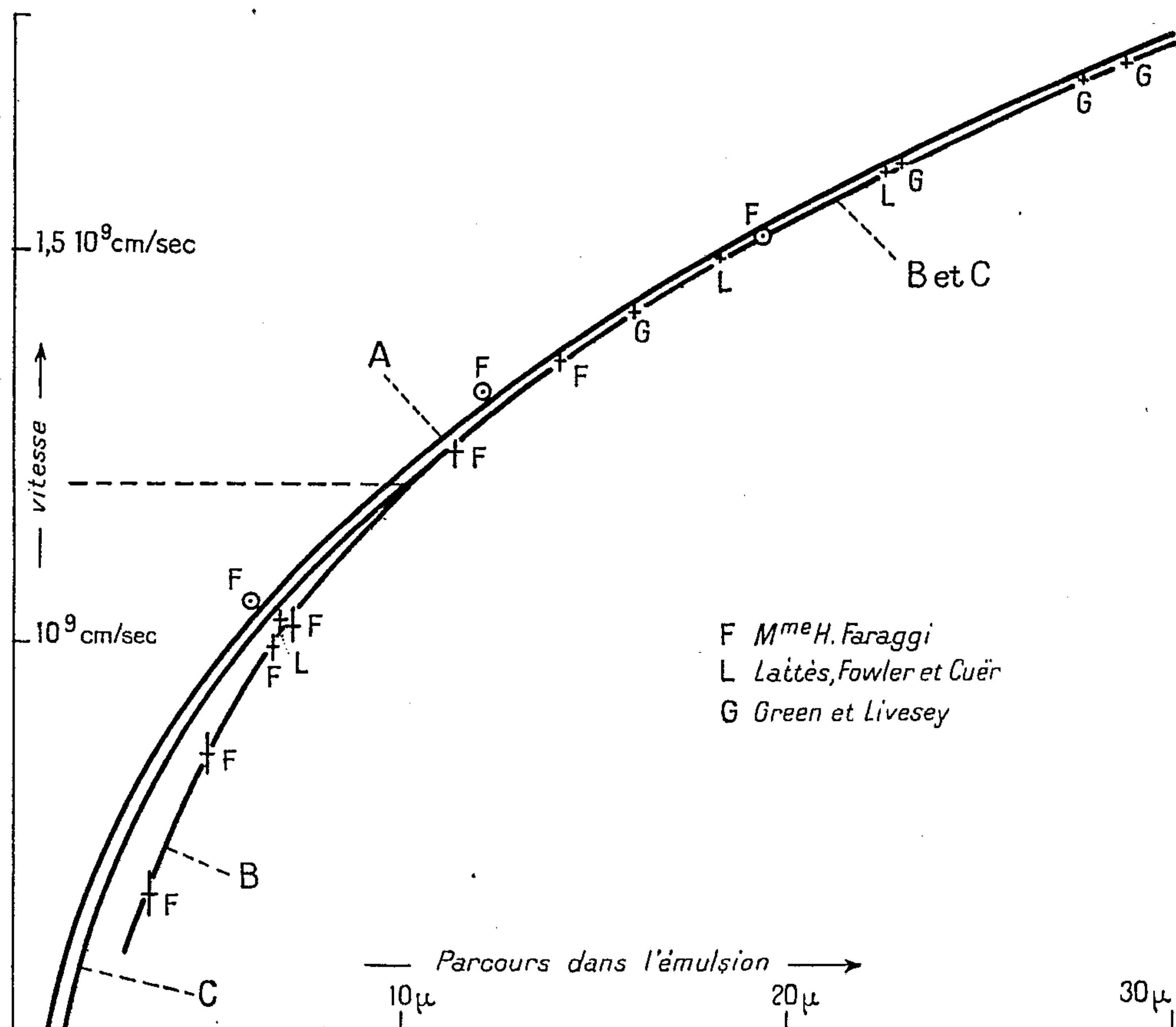
(4) $$\text{protons :}\quad \frac{dx^*}{dv} = \frac{M^*}{z^{*2}} g(v)$$

(5) $$\text{particules } \alpha :\quad \frac{dx}{dv} = \frac{M}{z^2} g(v).$$

En intégrant (4) et (5) dans le domaine $v > v_2$ où le proton et la particule α n'ont pas fixé d'électrons, on voit que

(6) $$x(v) = \left(\frac{M}{2^2}\,\frac{1^2}{M^*}\right) x^*(v) + h = 0{,}993\,x^*(v) + h.$$

Le milieu ralentisseur étant l'émulsion Ilford C_2, nous avons réussi ([3]) à obtenir par le calcul la courbe énergie-parcours $x^* = R^*(v)$ pour les protons.



Sur la figure, nous avons tracé la courbe A qui a pour équation :

(7) $$\text{courbe A :}\quad x = 0{,}993\,R^*(v),$$

([3]) M. BOGAARDT et L. VIGNERON, *Journ. Phys.*, 1950 (sous presse).

les cercles représentent les points expérimentaux vitesse parcours des protons dans l'émulsion, après application de la transformation (7).

Les croix représentent les points expérimentaux vitesse parcours des particules α dans l'émulsion; ils définissent une courbe expérimentale B

$$\text{courbe B :}\quad x = \mathrm{R}(v)$$

Pour $v > 1,2.10^9$ cm/sec, conformément à (6), on constate que B se confond avec une courbe C obtenue en faisant glisser A de $0^{\mu},4$ parallèlement à l'axe des parcours, ce qui détermine empiriquement la constante h de l'équation (6)

$$\text{courbe C :}\quad x = 0{,}993\,\mathrm{R}^*(v) + 0^{\mu},4.$$

L'examen de la figure montre que, pour $v < 1,2.10^9$ cm/sec, la courbe B est à droite de la courbe C. *Un tel fait n'a pas encore été signalé et, dans l'air* (4), *la courbe* B *se trouve toute entière à gauche de la courbe* C. Il faut donc admettre une des conclusions suivantes :

1° La courbe B ayant, dans l'émulsion, pour $v < 1,2.10^9$ cm/sec, une pente supérieure à celle des courbes C et A, cela signifierait que, dans les corps lourds comme Ag et Br, pour un même parcours dx, la particule α perd plus de quatre fois plus d'énergie que le proton de même vitesse, donc en se reportant aux équations (4) et (5), que les protons commencent à capturer des électrons pour des vitesses où les α en sont encore incapables. Le contraire a lieu dans l'air; de plus, Rutherford (5) signale qu'on n'a pas observé de différence pour les captures d'électrons par les particules α dans des corps aussi différents que Al et Au.

2° Ou bien la formule (2), qui est en parfait accord avec les observations dans l'air présenterait, dans le cas des corps lourds, une défaillance inattendue dont il faudrait chercher l'interprétation.

3° Ou bien les données expérimentales dans l'émulsion sont entachées d'une erreur qui modifie la position relative des courbes de la figure. Une confirmation des expériences pour les α et les protons de vitesse inférieure à $1,2.10^9$ cm/sec paraît souhaitable.

RAYONS COSMIQUES. — *Quelques propriétés des gerbes de Rossi sous écrans denses épais*. Note (*) de M. **André Fréon**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le nombre de gerbes enregistrées par des compteurs proches non alignés, placés dans l'air au-dessous d'épaisseurs croissantes d'un écran dense, présente

---

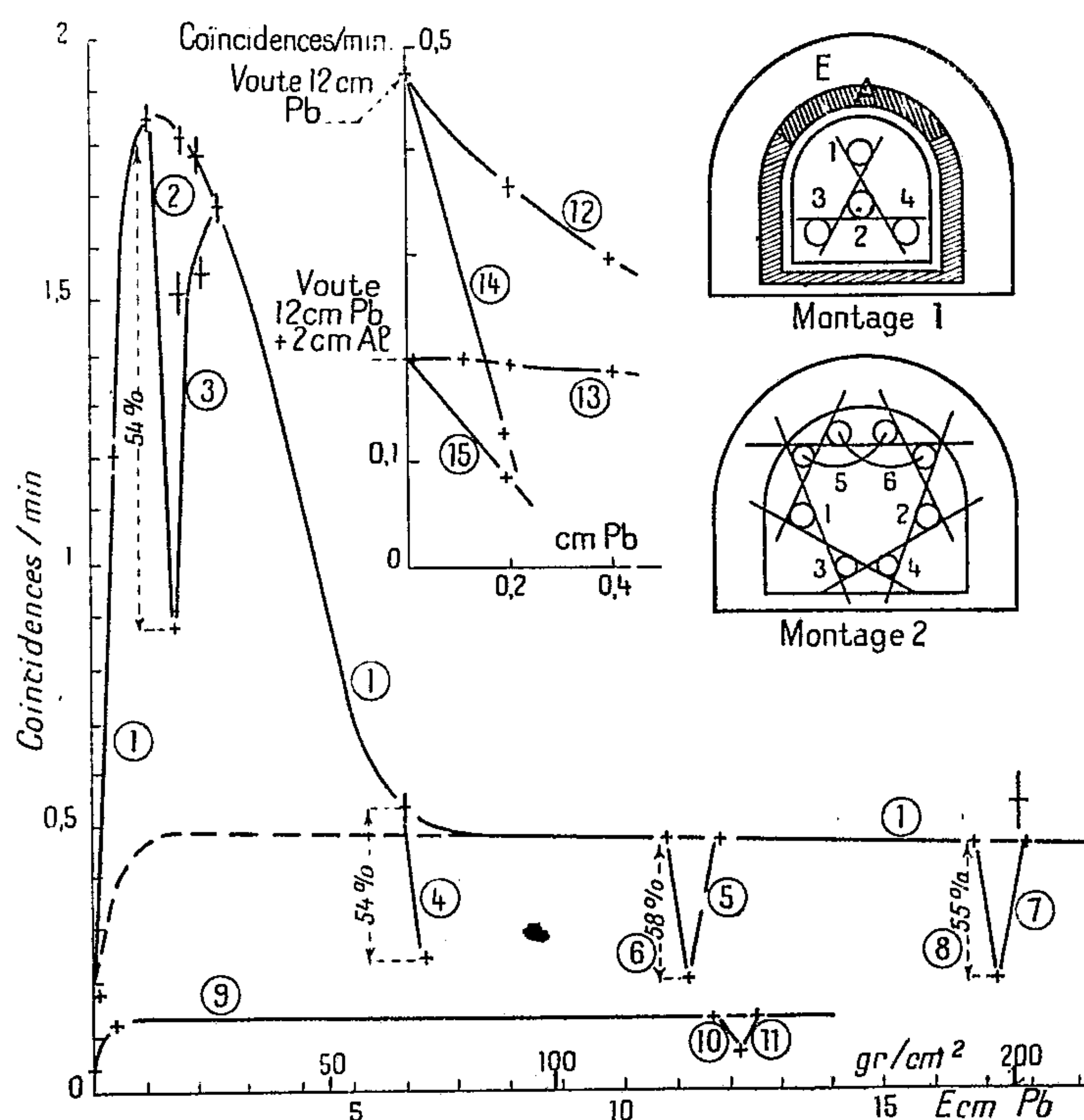
(4) H. A. Bethe, *Rev. Mod. Phys.*, **22**, 1950, p. 213.

(5) *Radiations from radioactive substances*, 1930, p. 123.

(*) Séance du 5 juin 1950.

d'abord un maximum dû aux cascades photoélectroniques suivi d'un palier, qui a été étudié jusqu'à des épaisseurs de plomb de 60^{cm} (1). Sous le sol, le maximum disparaît et l'on n'observe plus qu'un effet de saturation, atteint dès le premier centimètre de plomb (2).

Ce palier a été attribué aux gerbes créées dans l'écran par la composante pénétrante du rayonnement.



On a repris une partie des expériences antérieures et l'on en a effectué de nouvelles afin de préciser la nature et l'origine de ces gerbes. Les principaux résultats obtenus sont résumés par les courbes (*fig.* 1), qui donnent également les montages utilisés. Les mesures ont été faites, au niveau de la mer à $2^{m},50$ au-dessous d'un toit de ciment, sous des voûtes de plomb de 12 à 18^{cm} (courbes 1 à 8 et 12 à 15) ainsi que dans la région des cascades, o à 6^{cm} de plomb. D'autres mesures ont été faites sous 30^{m} de sol, équivalant à 75^{m} d'eau (courbes 9 à 11).

Les résultats sont les suivants :

Nature des gerbes. — Toutes les propriétés observées sont celles de gerbes cascades de faible énergie. Dans la région du palier, ainsi que dans celle du maximum, la multiplicité moyenne du rayonnement présent dans la cavité est

(1) K. Z. MORGAN et W. M. NIELSEN, *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 564.

(2) T. GRIVET-MEYER, *Thèses Doct. Sc.*, Paris, 1941, p. 79.

élevée : $53 \pm 6\%$ des coïncidences 1, 2, 3, 4 (montage 2) sont accompagnées de coïncidences 5, 6, mais il est peu pénétrant (montage 1 : courbe 12, compteur 2 entouré de plomb; courbe 14, les quatre compteurs sous plomb). Une voûte d'aluminium de 2^{cm} (0,2 unité de radiation) fait baisser le comptage de 55 à 60% (courbes 2, 4, 6, 8, 10). Les 2/3 de cet effet sont dus à la partie supérieure A de la voûte d'aluminium. Sous celle-ci, le rayonnement est plus pénétrant (compteur 2 entouré de plomb : courbe 13, courbe 15, quatre compteurs protégés). L'absence d'effet coque, transition due aux photons d'énergie plus grande que $7.10^6 eV$, énergie critique du plomb, montre qu'il s'agit de gerbes décroissantes.

Une voûte de plomb de 4^{mm} (0,8 unité de radiation) placée sous l'aluminium masque complètement son effet (courbes 3, 5, 7, 11) on peut en conclure qu'il s'agit essentiellement de cascades dont l'évolution est localisée aux derniers millimètres voisins de la sortie de l'écran.

Corrélation avec les Grandes Gerbes. — Un train de 10 compteurs, de surface efficace 1200^{cm^2} a été placé à l'air libre, à 3^m du bloc de plomb. On constate que, sous 12^{cm} de plomb, $5,6 \pm 0,5\%$ des coïncidences 1, 2, 3, 4 sont accompagnées d'une grande gerbe, résultat en accord avec leur pouvoir pénétrant [3].

Origine des gerbes. — Le nombre des électrons de décomposition des mésons arrêtés dans le dernier centimètre d'écran, de l'ordre de grandeur de celui des coïncidences observées, et leur énergie moyenne (0 à 50 MeV permet de penser qu'ils ne jouent pas un rôle notable. Il est au contraire probable que les électrons de choc jouent le rôle essentiel, l'effet observé étant 3.10^4 fois plus faible que le flux de mésons traversant l'appareil.

Mesures sous 30^m *de sol* (75^m *d'eau*). — Le facteur de décroissance des mésons est de $8,5 \pm 1,2$ tandis que celui des gerbes n'est que de $3,76 \pm 0,25$, cette divergence, en accord avec celle déjà observée par Mme Grivet-Meyer [2] peut s'expliquer par l'augmentation d'efficacité des mésons avec leur énergie moyenne. Janossy [4] indique deux formules, l'une valable jusque vers 50^m d'eau et l'autre au delà de 100^m qui donnent respectivement, pour 75^m, des variations relatives d'efficacité par rapport au niveau du sol de 2,35 et 4,5, alors que notre valeur expérimentale est de $2,26 \pm 0,36$. Compte tenu de l'approximation des formules employées, l'accord est satisfaisant. Si l'écart, par rapport à la moyenne des valeurs calculées : 3,4 est significatif, on peut penser qu'il proviendrait de la contribution, au niveau du sol, de la composante nucléaire du rayonnement. La variation avec l'altitude, plus rapide que celle des mésons, des gerbes sous grande épaisseur d'écran [5] est en faveur de cette interprétation.

---

(3) P. Auger, J. Daudin, A. Fréon et R Maze, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 178.

(4) L. Janossy, *Cosmic Rays*, 1948, p. 245.

(5) Woodward, *Phys. Rev.*, 49, 1936, p. 711.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les spectres d'émission de l'hydrogène sulfuré excités par chocs électroniques. Spectre d'émission du radical* SH. Note de M. **Sydney Leach**, présentée par M. Jean Cabannes.

Au cours d'expériences sur les spectres d'émission de H_2S l'auteur a observé et analysé une cinquantaine de raies de la bande (o, o) de la transition $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi_i$ du radical SH.

Les recherches que j'ai entreprises sur le spectre d'émission de l'eau (1) m'ont conduit à rechercher un spectre analogue pour la molécule H_2S. Le tube à décharge (type Schuler) était le même que pour l'eau. Les conditions expérimentales étaient les suivantes : pression de vapeur de $H_2S \sim 5^{mm}Hg$; tension 2000 V, courant 3 mA; spectrographe Féry avec une dispersion de 150 cm^{-1}/mm vers 3300 Å; temps de pose de 1 heure à 3 heures. Les fréquences des raies ont été mesurées avec une précision de ± 1 cm^{-1}.

Le spectre obtenu s'étend de 2928 à 6166 Å (limite de sensibilité des plaques photographiques employées). Il consiste en 170 bandes dont une centaine font partie du spectre connu du soufre (2) (3). Les bandes qui restent à identifier seraient probablement dues à S_2 ou à S_4 d'après leur aspect, mais on ne peut pas les faire rentrer dans les systèmes connus du soufre. Une partie de ces bandes est peut-être due à la molécule H_2S. Des expériences vont être entreprises sur le D_2S pour éclaircir ces problèmes. En outre, il y a une cinquantaine de raies entre 3236 et 3320 Å que j'ai pu analyser et attribuer à la bande (o, o) de la transition $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi_i$ du radical SH.

Plusieurs auteurs avaient déjà tenté d'exciter le spectre d'émission du radical SH, mais sans résultat (4), (5), (6). Dans un spectre de flamme, Gaydon et Whittingham (7) ont trouvé une bande vers 3235 Å et l'ont identifiée avec une bande d'absorption du radical SH mais sans aucune analyse. Cette bande d'absorption a été observée et analysée par Lewis et White (6) qui l'ont attribuée à la transition $^2\Sigma \leftarrow {}^2\Pi_i$, mais pour la transition $^2\Sigma \leftarrow {}^2\Pi_{1/2}$ ils n'ont trouvé que la branche Q_2.

Le spectre d'émission que j'ai obtenu est identique au spectre d'absorption de Lewis et White, mais il comporte en plus les branches R_2 et P_2. La

(1) S. Leach, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1006.
(2) A. Fowler et W. M. Vaidya, *Proc. Roy. Soc.*, A **132**, 1931, p. 310.
(3) E. Olsson, *Physik. Zeitschr.*, **99**, 1936, p. 114.
(4) W. H. Bair, *Astroph. J.*, **52**, 1920, p. 301.
(5) N. O. Stein, *Astroph. J.*, **77**, 1933, p. 270.
(6) M. N. Lewis et J. U. White, *Phys. Rev.*, **55**, 1939, p. 894.
(7) *Proc. Roy. Soc.*, A **189**, 1947, p. 313.

dispersion dont je disposais n'était pas suffisante pour distinguer les branches satellites qui seraient en tout cas faibles, surtout pour les niveaux supérieurs de rotation. D'ailleurs l'aspect général du système indique bien une transition $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi_i$.

En comparant le spectre d'émission au spectre d'absorption de Lewis et White, j'ai pu identifier les branches R_1, Q_1, P_1. La classification de ces branches a été étendue aux nombres quantiques supérieurs de rotation et les constantes de rotation pour la transition $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi_{3/2}$ ont été calculées. A l'aide de ces valeurs et des relations de combinaison, j'ai pu identifier les branches R_2, Q_2, P_2 de la transition $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi_{1/2}$ et calculer les constantes de rotation de ces deux états. Ces résultats ont conduit à une meilleure connaissance des niveaux de l'état $^2\Pi_{1/2}$, ce qui m'a permis de constater que la classification de la branche Q_2 donnée par Lewis et White ([6]) n'est pas correcte.

Le calcul des constantes de rotation a rendu possible l'évaluation des distances internucléaires et des moments d'inertie pour les états $^2\Sigma$ et $^2\Pi$, de la constante de couplage A du doublet $^2\Pi_i$ et de l'origine ν_{00} de la bande (0,0). Les valeurs obtenues sont :

$$A = -375{,}5 \pm 0{,}5\ \text{cm}^{-1}, \qquad \nu_{00} = 30\,669{,}7 \pm 1\ \text{cm}^{-1};$$

$$^2\Sigma \begin{cases} B'_0 = 8{,}30 \pm 0{,}05\ \text{cm}^{-1}, & D'_0 \sim -0{,}0007\ \text{cm}^{-1}, \\ r'_0 = 1{,}448 \pm 0{,}005\ \text{Å}, & I'_0 = 3{,}37 \pm 0{,}02 . 10^{-40}\ \text{g.cm}^2; \end{cases}$$

$$^2\Pi_{\frac{1}{2}} \begin{cases} B''_0 = 9{,}70 \pm 0{,}05\ \text{cm}^{-1}, & D''_0 \sim -0{,}0008\ \text{cm}^{-1}, \\ r''_0 = 1{,}339 \pm 0{,}005\ \text{Å}, & I''_0 = 2{,}89 \pm 0{,}02 . 10^{-40}\ \text{g.cm}^2; \end{cases}$$

$$^2\Pi_{\frac{3}{2}} \begin{cases} B''_0 = 9{,}26 \pm 0{,}05\ \text{cm}^{-1}, & D''_0 \sim -0{,}0005\ \text{cm}^{-1}, \\ r''_0 = 1{,}370 \pm 0{,}005\ \text{Å}, & I''_0 = 3{,}02 \pm 0{,}02 . 10^{-40}\ \text{g.cm}^2; \end{cases}$$

$$^2\Pi_i \begin{cases} B''_0 = 9{,}48 \pm 0{,}05\ \text{cm}^{-1}, & D''_0 \sim -0{,}0007\ \text{cm}^{-1}, \\ r''_0 = 1{,}354 \pm 0{,}005\ \text{Å}, & I''_0 = 2{,}95 \pm 0{,}02 . 10^{-40}\ \text{g.cm}^2. \end{cases}$$

Il est intéressant de noter que quand on passe de la molécule H_2S au radical SH, il y a une augmentation de la distance internucléaire SH à l'état fondamental [H_2S : $r_0(\text{SH}) = 1{,}334$ Å ; SH : $r_0(\text{SH}) = 1{,}354$ Å] tout comme dans le cas de l'eau [H_2O : $r_0(\text{OH}) = 0{,}957$ Å ; OH : $r_0(\text{OH}) = 0{,}971$ Å].

Les configurations électroniques des deux états sont $\text{KL}\,3s\sigma^2 3p\sigma 3p\pi^4\,{}^2\Sigma$ et $\text{KL}\,3s\sigma^2 3p\sigma^2 3p\pi^3\,{}^2\Pi$, avec une couche électronique complète, moins un électron σ ou π. Les états $^2\Sigma$ et $^2\Pi$ sont donc approximativement en *relation de précession pure* ([8]). Cette hypothèse nous a servi à faire l'analyse rotationnelle du spectre d'émission. J'ai pu évaluer p (constante de dédoublement Λ) et j'ai trouvé $p \sim 0{,}38$ ce qui n'est pas loin de la valeur théorique $p = 0{,}48$ pour le cas idéal de précession pure. L'hypothèse d'une relation de précession pure entre les états $^2\Sigma$ et $^2\Pi$ paraît donc justifiée.

([8]) R. S. MULLIKEN et A. CHRISTY, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 87.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Décomposition thermique d'un carbonate de nickel.*
Note de Mlle **Jeannine François**, présentée par M. Paul Pascal.

La décomposition thermique d'un carbonate de nickel s'accompagne de variations importantes de la maille, mises en évidence par les méthodes de Debye et Scherrer et de diffraction électronique.

Le carbonate de nickel étudié perd la majeure partie de son eau par chauffage à 200°, tandis que le départ du gaz carbonique s'effectue surtout entre 260 et 300°. Mais il semble que les départs d'eau et de gaz carbonique soient, dans un certain domaine, simultanés.

Il faut noter également que les échantillons obtenus reprennent très facilement l'eau, d'autant plus que la proportion de gaz carbonique y est plus grande.

Le tableau ci-dessous donne le résultat des analyses des divers échantillons.

$t°$.	H_2O %.	CO_2 %.	NiO %.	Ni % électrol.
15.......	24,5	15,75	60,1	47,2
200.......	21,00	16,7	62,3	49
250.......	19,55	12,75	67,7	53,25
300.......	14,65	4,35	81,0	63,7
350.......	7,55	2,45	90,0	71,8
400.......	4,35	1,37	94,2	74,05
450.......	2,6	0,42	96,8	76,1
500.......	0,0	0,0	100,0	78,7
600.......	0,0	0,0	100,0	78,6
700.......	0,0	0,0	100,0	78,4
900.......	0,0	0,0	100,0	78,8

L'examen de ce tableau permet de constater que, dès 300°, la proportion de gaz carbonique devient très faible, c'est ce qui explique que les clichés de Debye et Scherrer et de diffraction électronique donnent déjà à cette température le diagramme de l'oxyde de nickel, diagramme présentant des raies larges et floues.

L'étude roentgénographique des échantillons montre une variation continue de la maille jusqu'à 400°, tandis que, à partir de cette température, aucune variation n'est plus enregistrée (1), sauf en ce qui concerne la largeur des raies, ce qui peut être expliqué par une croissance des particules d'oxyde de nickel (2).

Les clichés de diffraction électronique ne mettent pas en évidence la présence

(1) Faivre, *Ann. de Chimie*, 1944, p. 58-101.
(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1282.

de sous-oxyde en surface de la variété active de l'oxyde de nickel, couche à laquelle des travaux antérieurs faisaient allusion. D'autre part, s'il s'agit d'oxygène adsorbé, sa présence n'est pas décelée par cette méthode.

Les modifications importantes de la maille se produisent donc entre 200° et 350°. Le diagramme du carbonate utilisé présente des raies très larges traduisant une cristallisation défectueuse. Les clichés obtenus à partir des échantillons portés aux températures intermédiaires ont un aspect analogue. Mais à 230° apparaît un nouveau plan appartenant à l'oxyde de nickel, dont l'intensité relative augmente jusque vers 300° et dont la distance réticulaire reste fixe. Dans le même intervalle de température un plan du carbonate de nickel disparaît. L'examen de la variation des distances réticulaires indique, à partir de l'oxyde de nickel, un gonflement progressif de la maille avec étirement selon l'axe III.

CO_3Ni origine...	5,05 Å	2,53 Å	–	1,53 Å	1,30 Å	–
200°............	5,05	2,53	–	1,53	»	–
230.............	5,03	2,52	très faible	1,52	»	–
250.............	5,03	2,50	2,08 Å	1,51	»	–
260.............	5,03	2,47	2,08	1,49	»	–
300.............	plan disparu	2,44	2,08	1,48	1,26	–
350.............	»	2,42	2,08	1,475	1,26	1,20 Å
400.............	»	2,40	2,085	1,474	1,258	1,203
900.............	–	2,40	2,085	1,474	1,258	1,203
Indices correspondant à la maille c. f. c. NiO................		[111]	[200]	[220]	[311]	[222]

Les clichés de diffraction électronique (³) donnent des mesures sensiblement identiques et les mêmes remarques sont à faire au sujet de l'apparition des plans, de leur disparition et de la largeur des raies.

Il semble que la structure du carbonate de nickel tende vers une forme rhomboédrique, les groupements CO_3 étant disposés parallèlement au plan [111]. Mais la cristallisation de l'échantillon étudié est très imparfaite. Les carbonates que nous avons préparés par les méthodes de précipitation ont donné des clichés semblables. Le départ du gaz carbonique s'accompagne d'une diminution des distances réticulaires moyennes et, à partir de 400° on retrouve l'arrangement de l'oxyde de nickel avec la maille caractéristique de 4,17 Å.

Enfin, en ce qui concerne l'étude de la dimension des particules par la méthode de diffusion centrale, nous n'avons observé aucune variation importante jusqu'à 400° (rayon de giration voisin de 30 Å).

(³) Étude par diffraction électronique de M. Bildé. C. S. F.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Remarques sur la mercerisation de la cellulose effectuée sous tension.* Note (*) de M. **Charles Legrand**, transmise par M. Maurice de Broglie.

On sait que les fibres cellulosiques, maintenues sous tension, ne sont qu'incomplètement mercerisées, alors que dans les mêmes conditions, mais les fibres ne subissant aucune tension, la transformation du réseau II serait totale. Hess et Trogus ([1]) ont mis ce fait en évidence et semblaient l'attribuer à un gonflement imparfait par la solution alcaline.

La mercerisation incomplète peut aussi provenir du choix convenable de la concentration et de la température de l'alcali : Sisson ([2]) a tracé les diagrammes concentration-température pour NaOH délimitant ainsi les domaines de mercerisation complète, de mercerisation partielle et de non-transformation.

Dans les deux cas, la mercerisation incomplète se traduit en définitive par la coexistence, sur le cliché de diffraction de rayons X, des interférences dues aux réseaux I et II. Mais le mécanisme du phénomène n'est pas le même dans les deux cas.

Nous avons d'abord vérifié que pour des concentrations sodiques variant de 10 à 12 %, des fibres de ramie se mercerisent incomplètement. Les clichés de diffraction de rayons X effectués avant lavage montrent la coexistence de la Na-cellulose I et de la cellulose I. Les fibres lavées et séchées accusent un taux de cellulose II grossièrement proportionnel à celui de la Na-cellulose.

Nos expériences ont ensuite porté sur des fibres de ramie mercerisées avec NaOH à 16 ou 30 % à la température de la chambre et pendant 30 minutes. Les fibres étaient disposées sur de petits tendeurs à vis qui permettaient d'assurer une forte tension, non mesurée, mais sensiblement la même dans les diverses expériences grâce à des repérages de longueur. Les clichés de diffraction de rayons X étaient exécutés au cours des différentes phases de la mercerisation : sur le composé sodé, sur le composé de gonflement qui résulte de la décomposition par l'eau du composé sodé (water cellulose), sur les fibres humides et enfin séchées à 105°.

Dans tous les cas, sur les premiers clichés, le composé sodé apparaisait seul, la *cellulose native ayant totalement disparu.* C'est seulement au cours du séchage, pendant la destruction progressive de la water cellulose, qu'à l'emplacement des taches (101) et ($10\bar{1}$) du réseau I se manifestait une tache diffuse. Avec un séchage seulement partiel, la superposition des deux réseaux était

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) *Zeit. f. Phys. Chem.*, B. 11, 1931, p. 381.

([2]) *J. Phys. Chem.*, 45, 1941, p. 717.

très nette, les taches diffuses faisant place aux interférences très nettes (101 et $10\bar{1}$) du réseau natif et l'interférence (002) correspondant à ce réseau se superposant partiellement à l'interférence (002) du réseau II.

L'expérience permet d'affirmer que l'effet de la tension s'exerce principalement pendant l'action de la solution sodée. En effet, les fibres gonflées par NaOH à 16 % sous tension puis lavées, la tension ayant été supprimée, montrent une forte proportion de cellulose I, tandis qu'inversement les fibres gonflées sans tension, mais tendues pendant le lavage ne révèlent que des traces de cellulose native. Avec NaOH 30 %, il faut traiter et laver sous tension pour obtenir nettement le réseau I. Des expériences similaires ont été exécutées en partant de cellulose III (régénérée de l'ammoniac-cellulose). La mercerisation sous tension fournit à côté du réseau II des traces de cellulose I.

En conclusion, la traction exercée sur les fibres, pendant la mercerisation, favorise le retour partiel au réseau I. Ce fait doit être imputé non à une mercerisation incomplète, mais probablement à une variation d'énergie interne qui modifie l'état énergétique du composé sodé de sorte que celui-ci peut se détruire en régénérant le réseau primitif.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Polyamides dérivés des acides gras siccatifs.* Note de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les acides gras totaux extraits des huiles siccatives se combinent à l'éthylènediamine en formant des diamides susceptibles d'engendrer des macromolécules de polyamides linéaires par polymérisation thermique ou par autoxypolymérisation.

Les huiles siccatives doivent leurs importantes propriétés techniques à la présence dans leurs molécules de triglycérides à radicaux acides polyéthyléniques capables d'engendrer des réseaux macromoléculaires par polymérisation thermique ou par autoxypolymérisation.

Des produits siccatifs comparables sont obtenus en remplaçant le glycérol par une polyamine. Les acides gras totaux de l'huile de lin (riches en acides linoléique et linolénique), ou de l'huile de Bois de Chine (principalement de l'acide éléostéarique) peuvent notamment se combiner à l'éthylènediamine en formant des diamides qui sont susceptibles de subir comme les triglycérides une polymérisation thermique ou une autoxypolymérisation en engendrant des macromolécules. Des produits analogues ont déjà été obtenus en dimérisant de l'acide linoléique et en combinant le diacide ainsi formé à l'éthylènediamine [1]. Toutefois, celles-ci ont une structure monodimensionnelle par

(1) Falkenburg, Teeter, Skeel et Cowan, *Oil and Soap*, 21, 1944, p. 101; 22, 1945, p. 143.

suite de la bifonctionnalité des diamides, alors que les triglycérides donnent des réseaux macromoléculaires tridimensionnels en raison de leur trifonctionnalité.

Les diamides sont préparés en mélangeant dans un ballon à distiller les quantités stœchiométriques d'acides gras et d'éthylènediamine en solution aqueuse à 55 %. La salification est très rapide. Le sel d'ammonium est alors déshydraté en amide par chauffage et l'eau est distillée sous atmosphère d'azote pour éviter l'oxydation des radicaux acides polyéthyléniques. Lorsque la température atteint 150°, la distillation est poursuivie sous pression réduite jusqu'à 200°. Le dosage des acides gras demeurés libres dans le produit de la réaction ainsi que la mesure de l'eau distillée s'accordent avec un rendement de réaction de 91 %.

Le produit de la réaction fractionnée sous vide donne :

1° les acides gras non combinés identifiables par leur indice d'acide et leur indice de réfraction;

2° les diamides distillant aux environs de 280° sous 15^{mm} de Hg (azote : calculé 4,77 %, trouvé 4,78 %);

3° une fraction indistillable ayant sensiblement la même teneur en azote que les diamides (4,82 %) et dont l'indice d'iode est 121. Cette fraction, provenant de la polymérisation thermique d'une partie des diamides, est analogue au produit de polymérisation thermique de l'huile de lin (standolie).

Les diamides sont solubles à chaud dans les solvants des huiles siccatives. Leurs solutions refroidies à la température ordinaire se gélifient dès que leur concentration est un peu importante, ce qui peut être attribué à l'effet des phénomènes d'association dus aux interactions hydrogène développées par les groupes amides.

Les diamides se polymérisent thermiquement plus rapidement que les triglycérides correspondants. Quelques minutes de chauffage à 200° sous vide suffisent à polymériser 69 % des diamides alors qu'il faut chauffer trois heures à 300° sous vide pour polymériser 45 % des triglycérides de l'huile de lin. Les polyamides résultant de la polymérisation thermique des diamides sont des produits thermoplastiques, mous, solubles également à chaud dans les solvants des huiles siccatives, mais se gélifiant plus rapidement que les diamides par refroidissement, ce qui s'accorde avec leur structure macromoléculaire monodimensionnelle.

Les diamides étendus en couche mince absorbent l'oxygène de l'air comme le font les huiles siccatives avec accroissement de viscosité jusqu'à prendre la consistance d'une cire molle. Les polyamides s'autoxydent également, et même plus rapidement, dans des conditions analogues en donnant des films plus durs que les produits d'autoxydation des diamides. L'absorption d'oxygène, dans les deux cas, est accrue par l'addition de siccatifs. Les produits obtenus avec les acides de l'huile de Bois de Chine s'oxydent beaucoup plus rapidement que

ceux préparés à partir des acides de l'huile de lin. Il y a donc un parallélisme complet dans le comportement des diamides formés par l'éthylènediamine et les acides des huiles siccatives et des triglycérides correspondants. Les polyamides obtenus par polymérisation thermique se comportent également comme les standolies d'huiles siccatives et en éliminant par distillation sous vide la partie de diamides non polymérisés il est possible d'obtenir des polyamides qui par oxydation en couche mince donnent des films durs et résistants, comparables, sinon supérieurs, à ceux fournis par l'huile de lin. Il est vraisemblable que le phénomène d'autoxydation transforme le réseau macromoléculaire monodimensionnel des polyamides obtenus par polymérisation thermique en un réseau macromoléculaire tridimensionnel dont la compacité est comparable à celle du réseau tridimensionnel réalisé lors du séchage des huiles siccatives.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Hydratation de l'alcool polyvinylique.* Note de M. **Jean Neel**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'hydratation de l'alcool polyvinylique au contact de solutions salines aqueuses a été étudiée en employant la méthode *des restes*, utilisée initialement, dans le cas des composés macromoléculaires, par G. Champetier (1), pour l'hydratation de la cellulose et, plus récemment, par divers auteurs pour la solvatation des dérivés cellulosiques (2). Cette méthode permet de faire une distinction entre les phénomènes de fixation chimique et d'absorption physique de l'eau et du sel et de déterminer quantitativement les premiers (3).

Les expériences ont été effectuées à 18°C sur de l'alcool polyvinylique obtenu par purification et fractionnement d'un produit commercial (Rhodoviol H.S.10). La purification, par lavage à l'eau froide, a été poursuivie jusqu'à obtention d'un polymère contenant moins d'un millième d'impuretés minérales. Le fractionnement a permis d'isoler un produit, de solubilité négligeable dans l'eau à la température des expériences et contenant moins de 1 % de groupes acétyles.

Les systèmes ternaires étudiés comprenaient, outre l'alcool polyvinylique et l'eau, un sel servant de *témoin* : thiosulfate de sodium, acétate d'ammonium, bromures de potassium, de sodium ou d'ammonium. Le rapport d'importance des phases solide et liquide, mises en présence, correspondait à 8g de polymère pour 50cm³ de solution saline. Dans tous les cas envisagés on peut conclure à la

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 280 et 499; *Ann. Chimie*, 20, 1933, p. 5.

(2) L. Clémemt et C. Rivière, *Bull. Soc. Chim.*, 10, 1943, p. 386; P. Clément, *Ann. Chimie*, 2, 1947, p. 420 H. Sihtola et The Svedberg, *Acta chemica scandinavia*, 2, 1948, p. 474.

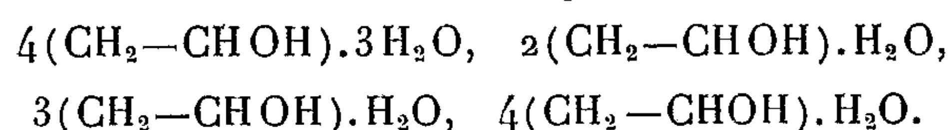
(3) G. Champetier et J. Neel, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 930.

fixation de molécules d'eau sur l'alcool polyvinylique, à l'exclusion de molécules salines. La quantité d'eau fixée croit lorsque la concentration de la solution saline diminue et correspond dans certains domaines de concentrations de la solution saline à des rapports stœchiométriques simples que l'on peut attribuer à de véritables hydrates d'alcool polyvinylique. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant où les concentrations des solutions salines sont exprimées par le rapport

$$p = \frac{\text{nombre de molécules de sel}}{\text{nombre de molécules d'eau}}.$$

Témoin.	Domaines d'hydratation constante. Concentration inférieure.	Concentration supérieure.	Molécules d'eau fixées par motif CH_2—CH OH.
$S_2O_3Na_2$	15.10^{-3}	21.10^{-3}	0,75
	28.10^{-3}	40.10^{-3}	0,50
$CH_3CO_2NH_4$	1.10^{-3}	5.10^{-3}	0,75
	12.10^{-3}	17.10^{-3}	0,50
	25.10^{-3}	39.10^{-3}	0,33
BrNa	15.10^{-3}	35.10^{-3}	0,33
	40.10^{-3}	60.10^{-3}	0,25
BrK	13.10^{-3}	30.10^{-3}	0,33
	35.10^{-3}	65.10^{-3}	0,25
$BrNH_4$	Pas de domaine d'hydratation constante, hydratation très faible		

L'ensemble des cinq systèmes ternaires étudiés conduit à envisager quatre associations possibles entre l'eau et l'alcool polyvinylique.



$$4(CH_2-CHOH).3H_2O,\quad 2(CH_2-CHOH).H_2O,$$
$$3(CH_2-CHOH).H_2O,\quad 4(CH_2-CHOH).H_2O.$$

Les courbes représentant la quantité d'eau fixée en fonction de la concentration des solutions salines où se trouve immergé l'alcool polyvinylique ne sont pas superposables, même lorsque l'on tient compte de la valence des ions constituant le sel. Chacun de ceux-ci paraît avoir une influence spécifique qui permet de les classer dans un ordre rappelant la série lyotrope proposée par Hoffmeister



$$Br^- > CH_3CO_2^- > S_2O_3^{--},\qquad NH_4^+ > K^+,\qquad Na^+.$$

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Nouvelle méthode de détermination de la constante de dissociation d'un complexe en solution.* Note (*) de M. **Paul Hagenmuller**, présentée par M. Paul Lebeau.

La méthode des *variations continues* de P. Job ([1]) permet de déterminer la formule d'un complexe en solution à un facteur près. Le procédé consiste à préparer une série de mélanges en proportions variables de solutions équimoléculaires des deux corps susceptibles de se complexer et à en mesurer une propriété physique additive; la position de l'optimum de la courbe représentant les écarts entre les valeurs déterminées et celles qui correspondraient à la règle des mélanges indique le rapport moléculaire des deux corps primitifs dans le composé formé.

La constante de dissociation K du complexe est alors calculée par application de la loi d'action des masses à des mélanges de solutions non-équimoléculaires.

Il est possible d'éviter cette dernière opération et de déterminer directement la constante de dissociation par l'étude de la forme de la courbe des écarts relatifs à des mélanges équimoléculaires.

Supposons que la réaction soit du type :



$$(1)\qquad mA + nB \rightleftharpoons A^m B^n,$$

m et n étant déterminés par l'abscisse de l'optimum de la courbe des écarts.

Soient c_1, c_2, Z les concentrations respectives en A, B, $A^m B^n$ en un point quelconque P de cette courbe correspondant au mélange d'un volume x de solution de A et d'un volume $1 - x$ de solution de B.

$$(2)\qquad \frac{c_1 + mZ}{c_2 + nZ} = \frac{x}{1 - x}.$$

$$(3)\qquad K = \frac{c_1^m c_2^n}{Z} \frac{f_1^m f_2^n}{f_C},$$

f_1, f_2 et f_C étant les facteurs d'activité.

Au point optimum M de la courbe, pour des concentrations c'_1, c'_2 et Z' en sels simples et en complexe, on a de même :

$$(4)\qquad \frac{c'_1 + mZ'}{c'_2 + nZ'} = \frac{m}{n},$$

$$(5)\qquad K = \frac{c_1'^m c_2'^n}{Z'} \frac{f_1^m f_2^n}{f_C},$$

les facteurs d'activité restant identiques si P et M sont suffisamment voisins (force ionique constante).

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) *Ann. Chim.*, 10e sér., 9, 1928, p. 113.

Si Γ est la molarité des solutions primitives,

$$c_1 + c_2 + (m+n)Z = c'_1 + c'_2 + (m+n)Z' = \Gamma. \tag{6}$$

La concentration en complexe est généralement proportionnelle à l'écart correspondant; a étant le rapport des écarts relatifs aux points P et M,

$$\frac{Z}{Z'} = a. \tag{7}$$

Par élimination de c_1, c_2, c'_1, c'_2 entre les équations (2), (3), (4), (5) et (6):

$$f_1^m f_2^n \left(\frac{\Gamma}{\frac{1-x}{x} + 1} - mZ \right)^m \left(\frac{\Gamma}{\frac{x}{1-x} + 1} - nZ \right)^n = f_C KZ, \tag{8}$$

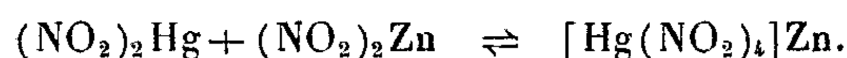
$$f_1^m f_2^n \left(\frac{\Gamma}{\frac{n}{m} + 1} - mZ' \right)^m \left(\frac{\Gamma}{\frac{m}{n} + 1} - nZ' \right)^n = f_C KZ'. \tag{9}$$

Les relations (7), (8) et (9) constituent un système de trois équations à trois variables indépendantes Z, Z' et K, dont la résolution donne K. L'identité de forme des équations (8) et (9) permet d'ailleurs de résoudre aisément le système par voie graphique. On trace sur un même diagramme les courbes $K = F(Z')$ et $K = F(Z)$ pour un rapport $x/(1-x)$ donné. La valeur de K cherchée sera l'ordonnée correspondant au rapport $Z/Z' = a$ des abscisses.

Le procédé est particulièrement rapide et économique : il permet de caractériser un complexe à l'aide d'une seule courbe d'écarts. Il évite l'usage de solutions à concentration élevée, avantage à la fois théorique et pratique, puisque de telles solutions sont susceptibles d'échapper à la loi d'additivité et de se décomposer.

Reposant sur les mêmes bases théoriques que le procédé des mélanges non-équimoléculaires, il ne présente pas d'erreur systématique plus importante. Mais en plus des conditions de validité habituelles de la méthode des *variations continues*, il exige que K reste fixe lorsque le rapport constitutif $x/(1-x)$ du mélange varie; il n'est pas utilisable quand l'allure de la réaction change sous l'influence d'un excès de l'une ou l'autre solution ou de l'eau.

Nous avons appliqué notre méthode à la réaction



$$(NO_2)_2Hg + (NO_2)_2Zn \rightleftharpoons [Hg(NO_2)_4]Zn.$$

La propriété physique utilisée est l'abaissement cryoscopique. Nous avons effectué nos mesures pour la molarité M/3 (*fig.*).

x.	$a = \frac{\Delta t}{\Delta t'}$.	Z'.	K.
2/3	0,845	0,10	0,44
3/4	0,68	0,09	0,65
4/5	0,57	0,092	0,60

La valeur moyenne de K est 0,56. La méthode des mélanges non-équimoléculaires appliquée au même exemple donne 0,50. Les deux procédés concordent sensiblement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une association carbone et sulfure de manganèse.* Note de MM. **Marius Picon** et **Jean Flahaut**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'azéotrope C et SMn obtenu par volatilisation dans le vide au-dessus de 1400°, donne, par condensation, une association C — SMn qui diffère, par ses propriétés physiques et chimiques, d'un simple mélange. Aux rayons X, le carbone est véritablement amorphe, SMn a des cristallites peu développés. L'activité de C est accrue par cette dispersion, mais celle de SMn paraît diminuée par suite de son association avec C.

Dans une Note récente, nous avons signalé l'obtention d'un azéotrope par sublimation du graphite en présence de sulfure de manganèse à partir de 1375° et pour des pressions inférieures à quelques millimètres de mercure.

Par condensation, on recueille un produit noir formé de SMn et carbone, mais avec une certaine association entre les deux constituants, car les propriétés physiques et chimiques ne sont plus celles d'un simple mélange constitué avec du graphite Acheson finement pulvérisé et SMn vert cristallisé obtenu par sublimation.

Il se présente comme une masse feutrée volumineuse, alors que les constituants séparés se condensent en enduits plus ou moins compacts. Il se sédimente instantanément et en totalité dans les liquides aqueux, tandis qu'un mélange fournit, tout au moins partiellement, du graphite surnageant. La densité à 0° est 3,55; elle est assez voisine de celle d'un mélange à mêmes teneurs, qui est 3,68. La combustion, déclenchée au rouge sombre, s'effectue en quelques secondes avec une forte élévation de température, elle diffère nettement de celle du graphite mêlé à SMn.

La solubilisation du sulfure contenu dans ce produit au moyen des acides et des oxydants est devenue extrêmement lente. Alors que ClH à 10 % après 36 heures au B. M. bouillant dissout 96 % de SMn vert additionné de son poids de graphite, le produit noir avec seulement 16 % de carbone laisse un résidu renfermant 41 % du sulfure primitif. Par suite de la lenteur de la réaction, un tiers environ de SH_2 libéré fournit du soufre libre qui surnage.

En ajoutant du brôme au réactif précédent, et en effectuant trois attaques successives de 12 heures, on peut dissoudre 99 % de SMn vert mélangé au graphite. Par contre, le distillat noir laisse un résidu insoluble renfermant, en moyenne, 55 % de SMn pour 45 % de carbone.

En réalisant des spectrogrammes de rayons X, on constate que le produit noir ne donne que les raies de SMn avec $a = 5{,}223 \pm 0{,}005$ Å. Il faut éliminer la plus grande partie de SMn par une attaque très prolongée avec ClH, Br et

eau à chaud pour faire apparaître les raies du graphite $a = 2,45$ et $c = 6,70$. Lorsque le produit ne contient plus qu'environ 10 % de SMn, on note, pour le spectre de ce dernier un élargissement des raies et un net affaiblissement de celles d'indices élevés. Les dernières portions de SMn, à l'état d'association avec C, existent donc sous forme de cristallites très peu développés.

Pour le carbone, on retrouve alors le spectre normal du graphite avec toutes ses raies; mais l'intensité du diagramme est très faible, très inférieure même au dixième de l'intensité fournie par du graphite Acheson. Ces résultats sont tout à fait différents de ceux correspondant aux carbones dits amorphes. Ces derniers donnent des spectres plus intenses et différenciés par rapport au spectre normal du graphite.

Le carbure du distillat noir, à part un pourcentage extrêmement faible de cristallites du graphite paraît véritablement amorphe.

L'acide azotique fumant à l'ébullition ne dissout pas de quantité appréciable de ce carbone, qui se conduit, vis-à-vis de ce réactif comme du graphite. Le liquide résultant de l'attaque par le mélange de Brodie n'est que faiblement coloré; par des traitements répétés, on n'observe qu'une production extrêmement faible en oxyde graphitique jaune insoluble. Le carbone étudié, à part quelques pour cent de graphite, se caractérise par une dissolution très lente dans le mélange de Brodie en donnant un liquide sensiblement incolore. Il est presque complètement désorganisé et ne fournit plus d'oxyde graphitique insoluble.

L'ensemble de ces essais montre que le carbone obtenu est véritablement amorphe. Bien que cet élément ait été volatilisé, sa condensation en présence de SMn n'a pu réaliser la formation des mailles cristallines indispensables pour la caractérisation du graphite.

En ce qui concerne la formation de l'association SMn et carbone, la structure amorphe du métalloïde exclut tout arrangement cristallin. L'expérience d'électrolyse des vapeurs de l'azéotrope, que nous avons antérieurement décrite, permet de songer à des forces électrostatiques. Nous avons vu, en effet, que le courant continu provoque la condensation séparée des deux constituants.

On peut ainsi envisager pour ce phénomène une action des ions C pouvant conduire à une adsorption. Toutefois, celle-ci se réalisant à partir d'une phase unique gazeuse, on aboutit, lors de la condensation, à une adsorption dans la masse entière créant une association particulièrement étroite.

Les modifications observées pour les propriétés chimiques sont dues, d'une part, à l'état physique de forte dispersion des constituants. L'activité du carbone vis-à-vis des réactifs oxydants est nettement augmentée. D'autre part, l'association du carbone avec SMn diminue l'activité de ce dernier et se traduit par la difficulté de sa dissolution par les réactifs habituels.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les variations de résistance mécanique des liants hydratés par séchage et par absorption de divers liquides.* Note de MM. **Louis Chassevent** et **Daniel Dominé**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons étudié l'influence de liquides contenus dans les pores sur les résistances des plâtres et des ciments artificiels hydratés, d'une part en séchant des éprouvettes dont les pores étaient initialement remplis d'eau et d'autre part en introduisant dans les éprouvettes sèches de l'eau et des liquides organiques. Ces expériences nous ont fourni les résultats suivants :

1. Au cours du séchage d'éprouvettes de plâtre, ayant été préalablement maintenues plusieurs jours dans l'eau, la plus grande partie de l'eau contenue dans les pores est d'abord éliminée sans modifier notablement la résistance. Par contre le départ des derniers centièmes d'eau est accompagné d'une augmentation très importante de la résistance ainsi que le montre la figure 1. Inversement l'absorption par une éprouvette sèche de 4/1000 de son poids d'eau diminue la résistance de 30 %. Ces résultats confirment ceux obtenus précédemment par l'un de nous (2) par Andrews (3) et par Kaufmann (4). Ils montrent que la pellicule d'eau adsorbée à la surface des cristaux facilite les glissements et les ruptures dans les masses poreuses de plâtre hydraté soumises à des efforts. Ces masses peuvent contenir, en plus de la petite quantité d'eau adsorbée qui agit sur les résistances, une quantité importante d'eau libre sans action sur celles-ci.

Les masses obtenues par hydratation des ciments artificiels renferment généralement plus d'eau absorbée et moins d'eau libre que celles en plâtre. Aussi le séchage d'éprouvettes de ciment provoque une augmentation régulière de la résistance ainsi que le montre la figure 1.

2. L'imprégnation de liants hydratés parfaitement secs avec de l'eau et avec des liquides organiques polaires provoque un gonflement et une diminution de résistance. Par contre, les liquides organiques apolaires tels que l'huile de vaseline, le pétrole et le tetrachlorure de carbone pénètrent dans les éprouvettes sèches sans provoquer de gonflement, ni de diminution de résistance ainsi que le montrent les figures 2 et 3.

3. Lorsque les éprouvettes de plâtre hydraté sont séchées avant d'avoir subi par conservation dans l'eau, la chute de résistance que nous avons attribuée précédemment au décollement des cristaux (5), cette chute de résistance se

(1) Essai suivant norme française NF-B. 12-001, 1946.

(2) Chassevent, *Rev. mat. const.*, 1927, p. 148.

(3) *Journ. Soc. chem. Ind. Trans.*, 65, 1946, p. 125.

(4) *Zement*, 1949, p. 152.

(5) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2096-2098.

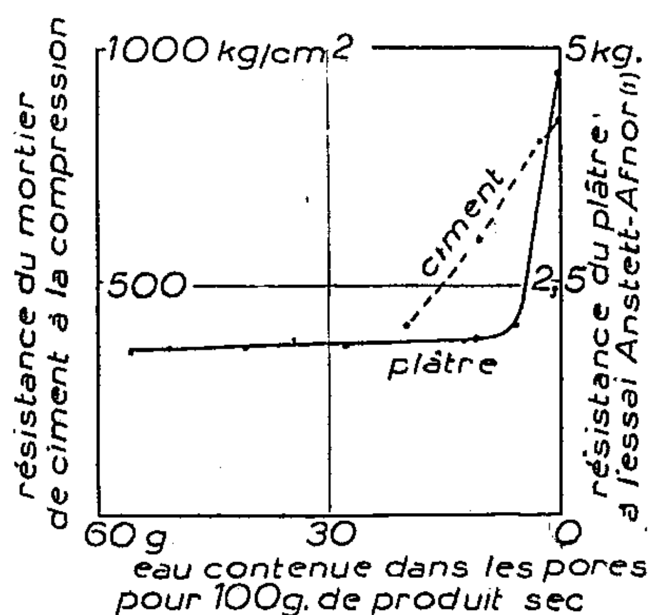


Fig. 1.

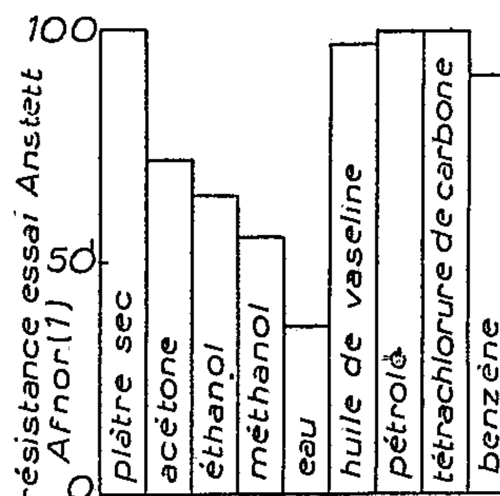


Fig. 2.

Fig. 1. — Variation de résistance au cours du séchage de : 1, plâtre semi-hydraté gâché en proportion de 120g pour 100g d'eau et conservé 3 jours dans l'eau avant séchage; 2, mortier de ciment artificiel gâché dans les proportions suivantes : 100g de ciment artificiel Portland, 100g de sable broyé à la finesse du ciment et 54g,6 d'eau et conservé 30 jours dans l'eau avant séchage.

Fig. 2. — Variation de résistance par imprégnation avec divers liquides d'éprouvettes sèches de plâtre hydraté. Base 100 : résistance d'éprouvette obtenue par gâchage de 100g de plâtre semi-hydraté avec 100g d'eau et séchée deux heures après gâchage.

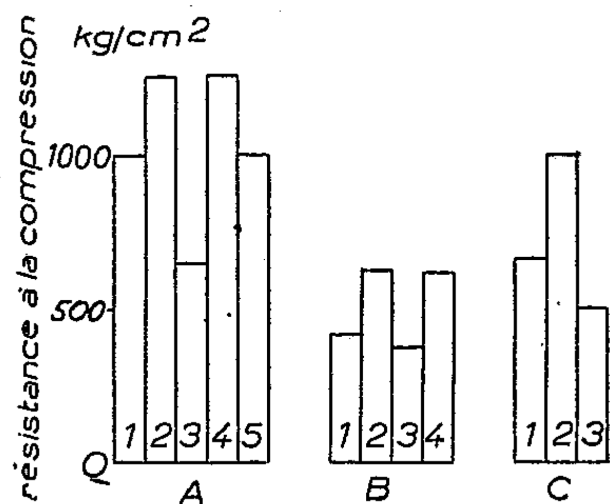


Fig. 3.

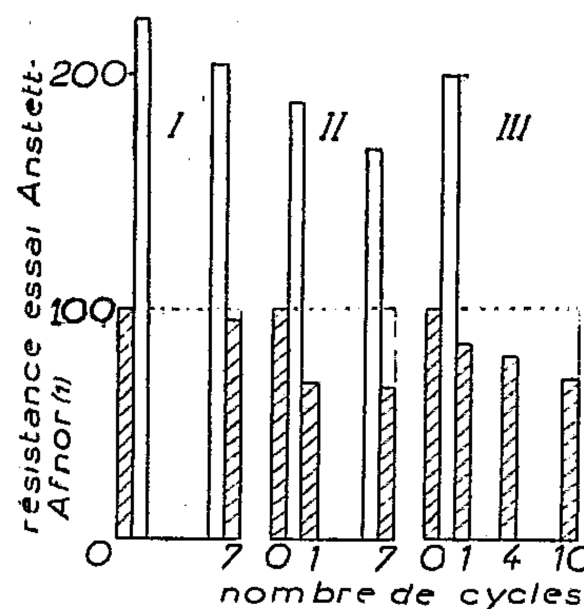


Fig. 4.

Fig. 3. — Variation de résistance du ciment artificiel hydraté par séchage rapide à 105° suivi d'immersion dans l'eau, le pétrole et l'alcool. 1, résistance avant séchage; 2, après séchage; 3, séché puis immergé dans l'eau; 4, séché puis immergé dans le pétrole; 5, séché puis immergé dans l'alcool éthylique à 97°. A, éprouvettes de pâte pure : 100g de ciment Portland et 26g d'eau. Cubes de 2cm de côté conservés 15 jours dans l'eau avant séchage; B, éprouvettes de mortier normalisé : 100g de ciment Portland, 300g de sable composé de Leucate et 42g,9 d'eau. Cubes de 4cm de côté conservés 28 jours dans l'eau avant séchage; C, éprouvettes de mortier de sable broyé finement : 100g de ciment Portland, 100g de sable de Fontainebleau broyé à la finesse du ciment et 44g d'eau. Cubes de 2cm de côté conservés 18 jours dans l'eau avant séchage.

Fig. 4. — Variations de résistance au cours de cycles séchage-immersion dans l'eau, d'éprouvettes obtenues avec du plâtre semi-hydraté et séchées pour la première fois : I, après 15 jours de conservation dans l'eau et à l'étuve à 60°; II, dès la fin de l'hydratation (2 heures après gâchage) et à l'étuve à 60°; III, dès la fin de l'hydratation (2 heures après gâchage) mais séchées à 30°. Base 100 : résistance avant le premier séchage. Surfaces hachurées : résistances d'éprouvettes imprégnées d'eau. Surfaces non hachurées : résistances d'éprouvettes sèches.

produit au cours de cycles séchage-réhumidification et d'autant plus rapidement que la température au cours du séchage est plus élevée, ainsi que le montre la figure 4.

Les ciments artificiels hydratés subissent également une chute de résistance au cours d'un cycle séchage-mouillage lorsque toute l'eau contenue dans les pores est éliminée rapidement à l'étuve à 105°. Cette chute de résistance est évitéee en éliminant d'abord la plus grande partie de l'eau lentement à la température ambiante dans un dessiccateur à anhydride phosphorique.

En résumé, les masses poreuses formées par hydratation des liants subissent par séchage et par absorption de liquides polaires des variations de résistance et de volume que nous avons attribuées d'une part à la présence d'une pellicule liquide adsorbée par les cristaux et, d'autre part, au décollement des cristaux. Par contre, les liquides organiques apolaires tels que l'huile de vaseline, le pétrole et le tétrachlorure de carbone qui ne sont pas adsorbés par les liants hydratés pénètrent dans les masses poreuses sèches sans en modifier les résistances ni le volume apparent.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Transformations thermomagnétiques des alliages fer-carbone-azote*. Note (*) de MM. **Jacques Pomey, François Goutel, Jacques Moulin** et **Raymond Coudray**, présentée par M. Pierre Chevenard.

L'étude thermomagnétique de fils en alliages fer-carbone-azote, obtenus par cémentation gazeuse et diffusion, montre les transformations réversibles de l'austénite en cémentite Fe_3C et nitrure Fe_4N. Cette transformation eutectoïde débute à 595° au chauffage, comme dans les alliages fer-azote; mais elle s'achève à une température inférieure à celle des alliages fer-azote et à celle des alliages fer-carbone.

Nous avons préparé toute une série d'alliages homogènes fer-carbone-azote, tenant jusqu'à 1,5 N et 1,25 % C par cémentation de fils de $0^{mm},5$ de diamètre en acier extra doux, chauffés à 810° dans un mélange gazeux contenant oxyde de carbone, hydrogène et acétonitrile pour les teneurs en azote jusqu'à 0,6 % et contenant, en outre, une légère addition d'ammoniac pour les teneurs en azote comprises entre 0,6 et 1,5 %. Le maintien prolongé pendant 3 heures et demie sous atmosphère d'équilibre assurait l'homogénéité de composition dans toute la section du fil, comme l'ont prouvé des examens micrographiques et des mesures de microdureté.

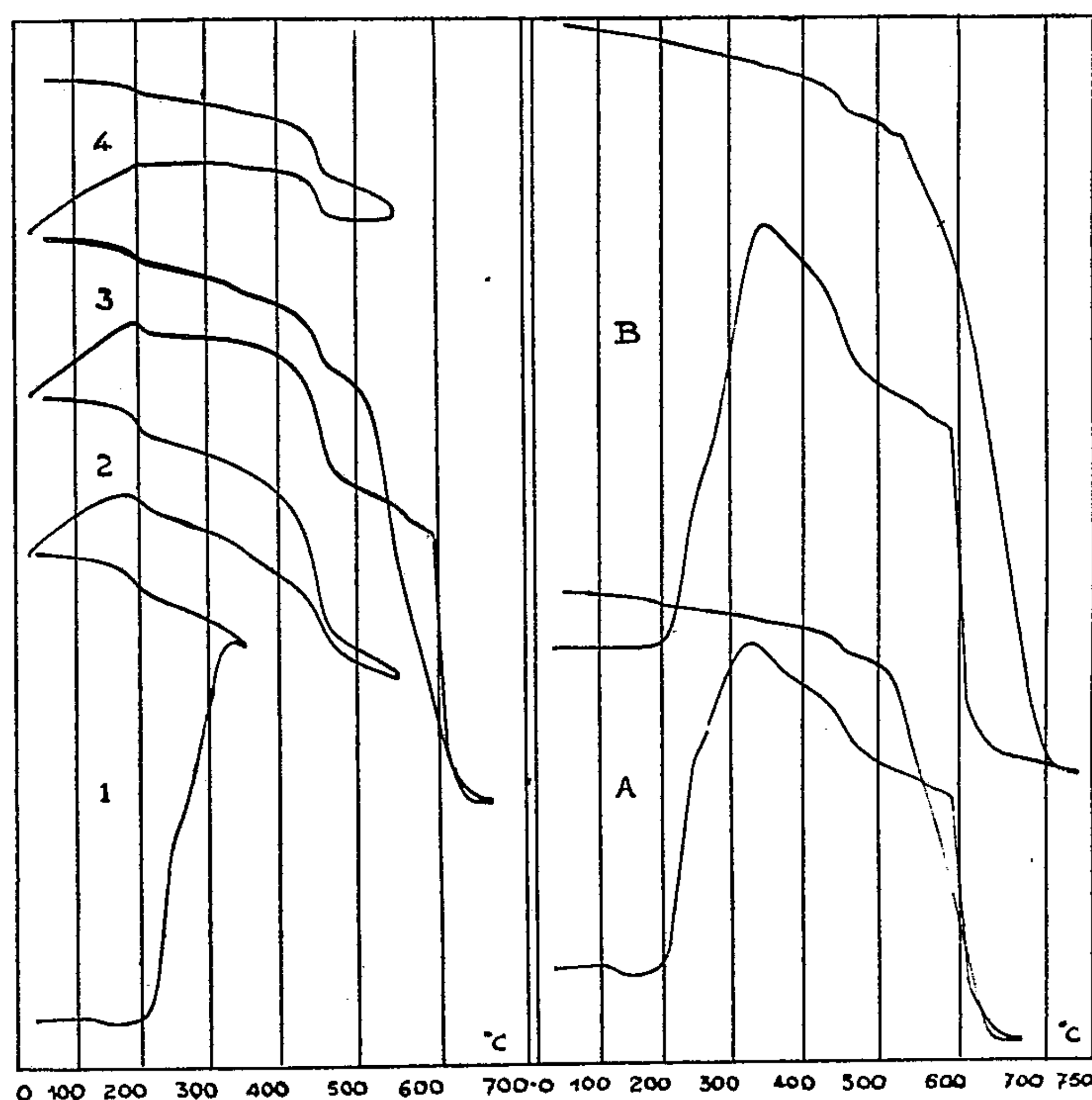
La figure se rapporte à des fils contenant 0,9 % C et 1,25 % N trempés à l'eau. Ils présentent 69 % $\pm$ 3 d'austénite résiduelle dosée par diffraction X. Ces fils argentés électrolytiquement ont été étudiés au thermomagnéto-

---

(*) Séance du 12 juin 1950.

mètre Chevenard, les vitesses d'échauffement et de refroidissement étant de 275 degrés/heure.

Le premier cycle à 350° (courbe 1) montre vers 100° le point de Curie de traces de la phase ε, Fe_2N sursaturée en fer et contenant 4,5 % d'azote, phase identifiée par diffraction X dans la couche superficielle de cet échantillon et qui n'existe pas dans d'autres fils de même analyse, pour lesquels l'homogénéisation a été un peu plus prononcée (courbe B). Entre 200° et 325°, se produit la décomposition de l'austénite, avec apparition du ferromagnétisme. Elle présente systématiquement vers 275° une légère anomalie non encore expliquée. Au refroidissement, le point de Curie de la cémentite Fe_3C apparaît à 210°, mais les traces de Fe_2N ayant disparu, il n'y a plus d'anomalie à 100°.



Le deuxième cycle (courbe 2) a été poussé à 550°; il met en évidence les points de Curie de Fe_3C à 210° et de Fe_4N vers 475°. Ces deux anomalies, plus prononcées au refroidissement, montrent un rejet de Fe_4N et Fe_3C à partir de la phase α.

Le troisième cycle (courbe 3) a été poussé à 650°; à l'échauffement, on voit d'abord le point de Curie de la cémentite à 210°, puis le point de Curie de Fe_4N vers 475°, enfin la perte du magnétisme par transformation eutectoïde $\alpha \rightarrow \gamma$ entre 595 et 625°. Au refroidissement, la même transformation s'étale de 625 à 505 manifestant ainsi une certaine hystérésis; puis on voit le point de

Curie de Fe_4N vers 475° moins prononcé au refroidissement qu'à l'échauffement du même cycle; puis enfin le point de Curie de Fe_3C à 210°.

Un quatrième cycle (courbe 4) à 550° montre que l'anomalie magnétique de Fe_4N a sensiblement même amplitude à l'échauffement et au refroidissement de ce cycle que dans le refroidissement du cycle précédent, de sorte que la plus faible amplitude de l'anomalie de Fe_4N au refroidissement du cycle 3 ne peut pas être imputable au maintien en solution de Fe_4N, mais s'explique par le départ d'azote vers 650° malgré l'argenture.

Sur un autre échantillon de fil de la même préparation, nous avons effectué un cycle unique à 675° (courbe A) où nous retrouvons les mêmes phénomènes; si, sur un autre échantillon, le cycle est poussé à 730° (courbe B), le départ d'azote devient très important, la transformation au refroidissement se trouve élevée et s'étale de 710 à 520°

En l'absence de carbone, la transformation de phase α ne serait achevée qu'à 730° pour 1,25 % N et en l'absence d'azote elle aurait débuté au point A_1 c'est-à-dire à 725°. Des résultats très voisins de ceux-ci sont donnés par un fil homogène ayant pour analyse $C = 0,9\,\%$, $N = 0,56\,\%$; de plus, notre étude montre que, dans une très large étendue de compositions, la transformation avec changement de phases à l'échauffement reste entièrement comprise entre 600 et 700°. Nous montrerons dans deux prochaines Notes les conséquences qu'on peut en tirer pour le traitement industriel des pièces en aciers carbonitrurés dans leurs couches superficielles.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Analyse microsclérométrique de la fragilité de revenu d'un acier à faibles teneurs en nickel et en chrome.* Note (*) de MM. **Helmut Böckle** et **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Pour un acier Ni-Cr, la valeur de l'exposant n de la formule de Meyer est inférieure à 2 dans l'état tenace et supérieure à 2 dans l'état fragile. Compte tenu des structures micrographiques et des diagrammes X, on est conduit à penser que la fragilité de revenu résulte d'une transformation réversible des carbures entraînant une dispersion critique de ceux-ci et un état de contrainte, hypothèse qui s'accorde avec les caractéristiques connues du phénomène.

L'un de nous a montré que la micrographie pouvait détecter la fragilité de revenu d'un acier faiblement allié (C 0,30 %; Ni 3,25 %; Chrome 1,65 % [1]). Ce même acier a été soumis à une analyse Meyer complète au moyen de la technique de microdureté (microduromètre Hanemann-Zeiss).

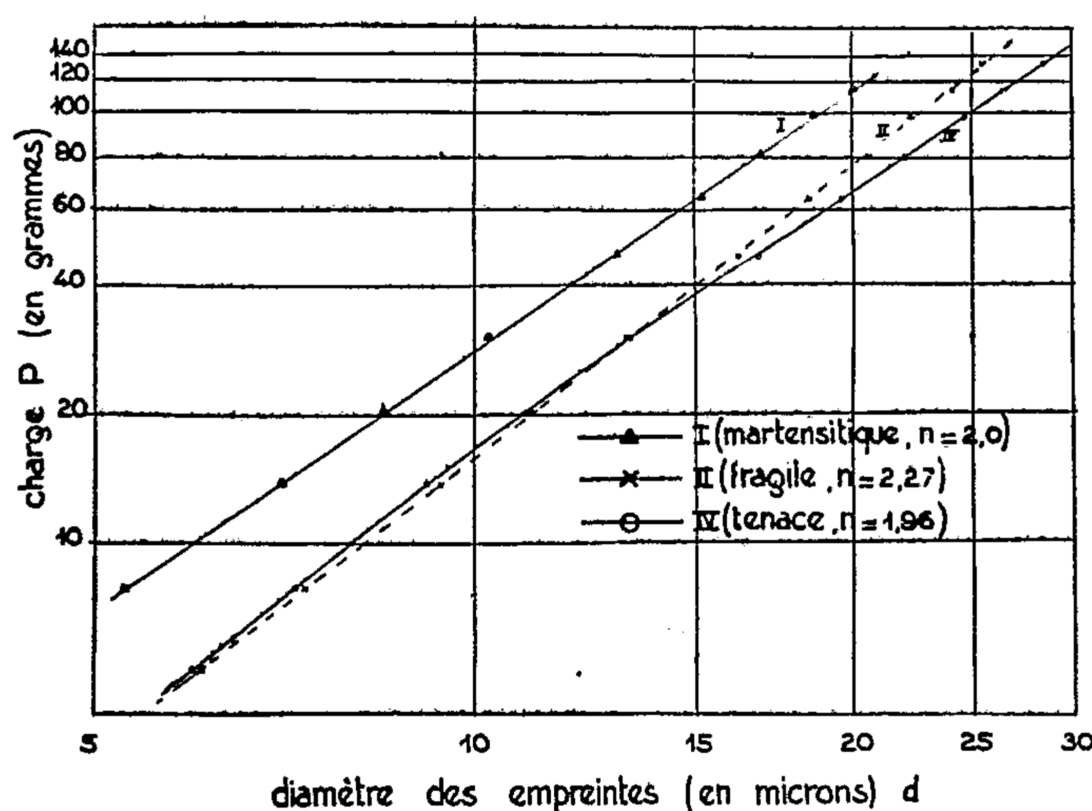
(*) Séance du 12 juin 1950.

(1) P.-A. Jacquet, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 713; **230**, 1950, p. 650.

On sait ([2]) que la microdureté Vickers suit la loi dite de Meyer : $P = \text{const.}\, d^n$, où P est la charge, d le diamètre d'empreinte et n un coefficient le plus souvent compris entre 1,7 et 1,9.

Le coefficient n est déterminé sur les éprouvettes soumises à des traitements thermiques variés, et dont nous avons examiné, par ailleurs, la structure micrographique. Il est bon de rappeler ici l'importance du polissage électrolytique pour la mesure correcte de la microdureté ([3]).

Le tableau I résume les résultats obtenus sur 17 éprouvettes. Les valeurs de microdureté ne sont pas en rapport net avec la structure, mais l'exposant n est en relation univoque avec les états respectivement fragile ($n \geqq 2$) et



tenace ($n < 2$). De plus nous avons trouvé que la courbe $\log P/\log d$ est une droite seulement dans le cas des spécimens fragiles (*fig.* 1). Les différences sont, cependant, moins prononcées pour les traitements de réversibilité répétés (V et VI, tableau I).

N°.	Traitement.	Structure.	Microdureté $H_{30\,g}$ (kg/mm²).	Exposant n.
I.	Trempe à l'huile à 865°	Martensique	520	2,00
II.	I + revenu à 500-525° pendant 24 à 40 heures	Fragile	285 à 315	2,15 à 2,26
III.	I + revenu à 620° pendant 1 heure	Tenace	État tenace	1,94 1,98
IV.	II + revenu à 620° pendant 25 à 40 minutes	Tenace	280 à 325	1,94 1,97
V.	III + revenu à 500° pendant 7 à 15 heures	Fragile	État fragile	2,01 2,03
VI.	IV + revenu à 500° pendant 9 heures	Fragile		2,04

([2]) F. Schulz et Hanemann, *Zeits. Metallkd.*, 33, 1941, p. 124; E. O. Bernhardt, *Ibid.*, p. 135.

([3]) H. Bückle, *Zeits. Metallkd.*, 34, 1942, p. 130.

Les études sur la valeur de n étant parfois contradictoires ([2]), ([4]), l'analyse de nos résultats sera basée principalement sur l'expérience personnelle de l'un de nous ([4]). Le fait que la valeur de n atteint, ou dépasse 2, traduirait la présence de tensions internes. L'éprouvette martensitique ($n = 2,0$) et les éprouvettes fragiles ($n = 2,01$ à $2,27$) présenteraient donc des tensions internes, contrairement aux éprouvettes tenaces ($n = 1,94$ à $1,98$). Ce résultat est en complet accord avec les diagrammes de rayons X obtenus par A. R. Weill avec les mêmes spécimens ([5]).

La déviation à la partie inférieure de la courbe type tenace est due à l'influence de la teneur en carbures, et la valeur de d correspondant à l'inflexion serait en relation directe avec l'espacement des précipités. L'allure rectiligne de la courbe type fragile indiquerait que les précipités ont un degré de dispersion tel que l'inflexion est hors du domaine accessible à la mesure. L'aspect micrographique confirme cette conception. Dans les spécimens fragiles les précipités, raréfiés à l'intérieur des grains, se retrouvent en partie sur les joints et certaines stries orientées.

L'ensemble des observations montre que l'état fragile peut être détecté à la fois par les méthodes micrographique et microsclérométrique. D'autre part, nous sommes conduits à admettre que le phénomène implique une réaction réversible invariante entre des carbures de compositions diverses et la phase ferritique contenant du nickel et du chrome, réaction entraînant un état de contraintes et une dispersion critique d'une partie des carbures, devenus invisibles au microscope au cours du traitement de fragilisation.

Une telle réaction, dont le mécanisme déterminant serait la diffusion du carbone, expliquerait à la fois : *a*. la présence de tensions internes, inexplicable par une simple dissolution des carbures; *b*. la réversibilité du phénomène, difficilement concevable en admettant une simple diffusion; *c*. l'instabilité marquée de la réversibilité à certaines températures; *d*. l'influence retardatrice bien connue de certains éléments (molybdène, tungstène), susceptibles de stabiliser les carbures.

([4]) *Voir* les Conférences et discussions de H. Buckle, R. Mitsche et E. M. Onitsch, *Congrès Intern. de Frittage*, Graz, 1948.

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 652.

MÉTALLURGIE. — *Une méthode autoradiographique d'étude des ségrégations dans les aciers.* Note (*) de M. ANDRÉ KOHN, présentée par M. Albert Portevin.

La méthode autoradiographique offre un nouveau moyen d'étude des ségrégations dans les aciers. On peut, soit fabriquer une coulée dans laquelle on introduit le radio-élément étudié, soit irradier directement en neutrons thermiques un échantillon d'acier solide; dans ce dernier cas, la présence de certains éléments d'alliage, en faible quantité, n'est pas gênante.

La méthode autoradiographique, d'un usage maintenant courant en biologie, avait été utilisée dès 1933 par Tammann (1), (2), (3) pour l'étude de la ségrégation du plomb (emploi du thorium B) dans les métaux. Récemment W. E. Jones (4), (5) a étudié la localisation du tungstène dans un alliage réfractaire.

Nous avons développé un procédé analogue pour l'étude des ségrégations dans l'acier. On peut opérer de deux façon :

1° on effectue une fusion spéciale au cours de laquelle on introduit le radio-élément sous forme d'alliage de fer;

2° on découpe, dans l'échantillon d'acier que l'on veut étudier, une plaquette que l'on irradie en neutrons thermiques à la pile atomique.

La première méthode permet d'étudier l'influence d'un seul élément, mais ne peut être utilisée qu'avec de petites coulées spécialement préparées à cet effet. La seconde est d'application plus générale puisqu'elle peut être employée avec des échantillons provenant de lingots industriels d'acier au carbone. Elle permet de mettre en évidence les ségrégations du phosphore et, dans une certaine mesure, du soufre qui, seuls, donnent des impressions photographiques, si on laisse reposer l'échantillon 48 heures avant de faire l'autoradiographie.

La présence dans l'acier de traces de chrome réduit la définition des images autoradiographiques par suite du rayonnement γ qu'il émet (création d'un voile de fond); l'existence de traces de nickel ou de molybdène semble moins gênante.

(*) Séance du 12 juin 1950.

(1) G. TAMMANN et G. BANDEL, *Archiv. für Eisenhüt.*, 6, 1932-1933, p. 293-296; *Revue de Métallurgie* (Extraits), 30 bis, 1933, p. 255.

(2) G. TAMMANN et G. BANDEL, *Zeit. für Metallkunde*, 25, 1933, p. 153-156, 207-209; *Revue de Métallurgie* (Extraits), 31 *bis*, 1934, p. 90-92.

(3) G. TAMMANN et VERNER, *Zeit. für Metallkunde*, 1934, p. 365.

(4) *Bull. of General Electric Company*, 17 mars 1947.

(5) *Bull. of General Electric Company*, 10 septembre 1948.

Nos premiers essais ont été effectués avec le phosphore. Au cours d'une fusion d'environ 1kg d'acier à 1 % C, nous avons introduit 65g d'un alliage fer-phosphore à 15 % P, irradié pendant 10 jours à la pile atomique de Châtillon (activité totale d'environ 50 microcurie). Les conditions de fusion et de refroidissement ont été réalisées de manière à obtenir un lingot particulièrement hétérogène.



Fig. 1. — Grandeur nature.

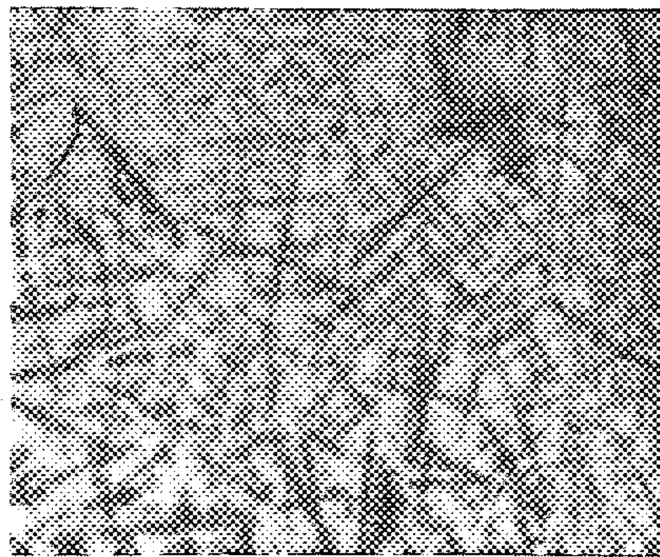


Fig. 2. — Agrandissement 5.

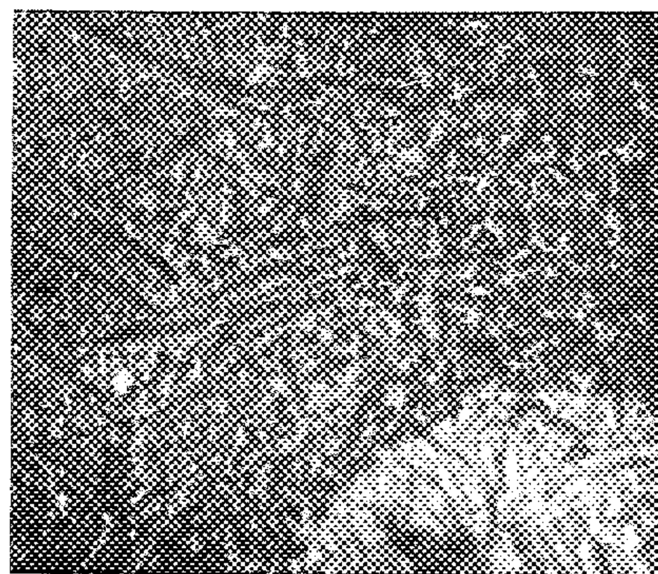


Fig. 3. — Agrandissement 2.

La figure 1 représente le positif d'une autoradiographie obtenue avec une plaquette découpée dans ce lingot. On distingue nettement la ségrégation dendritique ainsi que les variations des teneurs en phosphore indiquées par des plages d'autant plus claires que la teneur en phosphore est plus élevée. La figure 2 est un agrandissement (5 fois) d'une région de la même autoradiographie. La méthode autoradiographique a l'avantage de montrer nettement les variations de concentration en phosphore (à l'échelle de la ségrégation primaire et à l'échelle de la ségrégation dendritique), alors qu'une attaque macrographique classique (attaque au réactif Stead, par exemple) révèle seulement la structure cristalline en différenciant les régions les plus pures des zones liquatées.

D'autres essais exécutés sur un échantillon d'acier riche en phosphore ($C = 0,50$, $P = 0,33$), irradié à la pile de Châtillon, ont permis d'obtenir des autoradiographies qui mettent également en évidence la ségrégation primaire et la ségrégration dendritique du phosphore (*fig.* 3).

Des essais analogues effectués sur une plaquette d'acier provenant d'un gros lingot présentant des veines sombres ($C = 0,36$, $S = 0,009$, $P = 0,031$, $Cr = 0,11$, $Ni = 0,39$) révèlent aussi les ségrégations, mais les images sont moins nettes, par suite du rayonnement γ du chrome.

Des essais sont actuellement en cours en vue d'améliorer la définition des clichés autoradiographiques par emploi de lames métalliques minces et de mettre au point des étalons de phosphore, permettant de faire des déterminations quantitatives par des mesures photométriques.

Cette méthode autoradiographique paraît applicable, moyennant certaines précautions, à un assez grand nombre d'aciers industriels, ainsi qu'à d'autres alliages (cuivre-zinc, par exemple).

MÉTALLURGIE. — *Étude par diffraction électronique de la cémentation du fer.* Note (*) de MM. JEAN-JACQUES TRILLAT et SHIGUEO OKETANI, présentée par M. Pierre Chevenard.

La diffraction électronique, appliquée à des pellicules de fer extrêmement minces obtenues par volatilisation, a permis de suivre avec précision le mécanisme de la cémentation et de mettre en évidence les différentes phases pour diverses températures et divers modes de cémentation.

Quelques auteurs ont étudié le phénomène de cémentation en utilisant la diffraction des électrons par des échantillons disposés sous incidence presque rasante (méthode *par réflexion*); les diagrammes obtenus ainsi ne montrent que la présence du graphite amorphe ou cristallisé (1). A notre connaissance, la méthode par transmission à travers un film très mince de fer ou d'acier cémenté n'a pas encore été utilisée, sans doute à cause des difficultés expérimentales qu'elle présente; cependant, cette méthode paraît préférable pour étudier par diffraction électronique le mécanisme de la cémentation et les conditions de formation de Fe_3C.

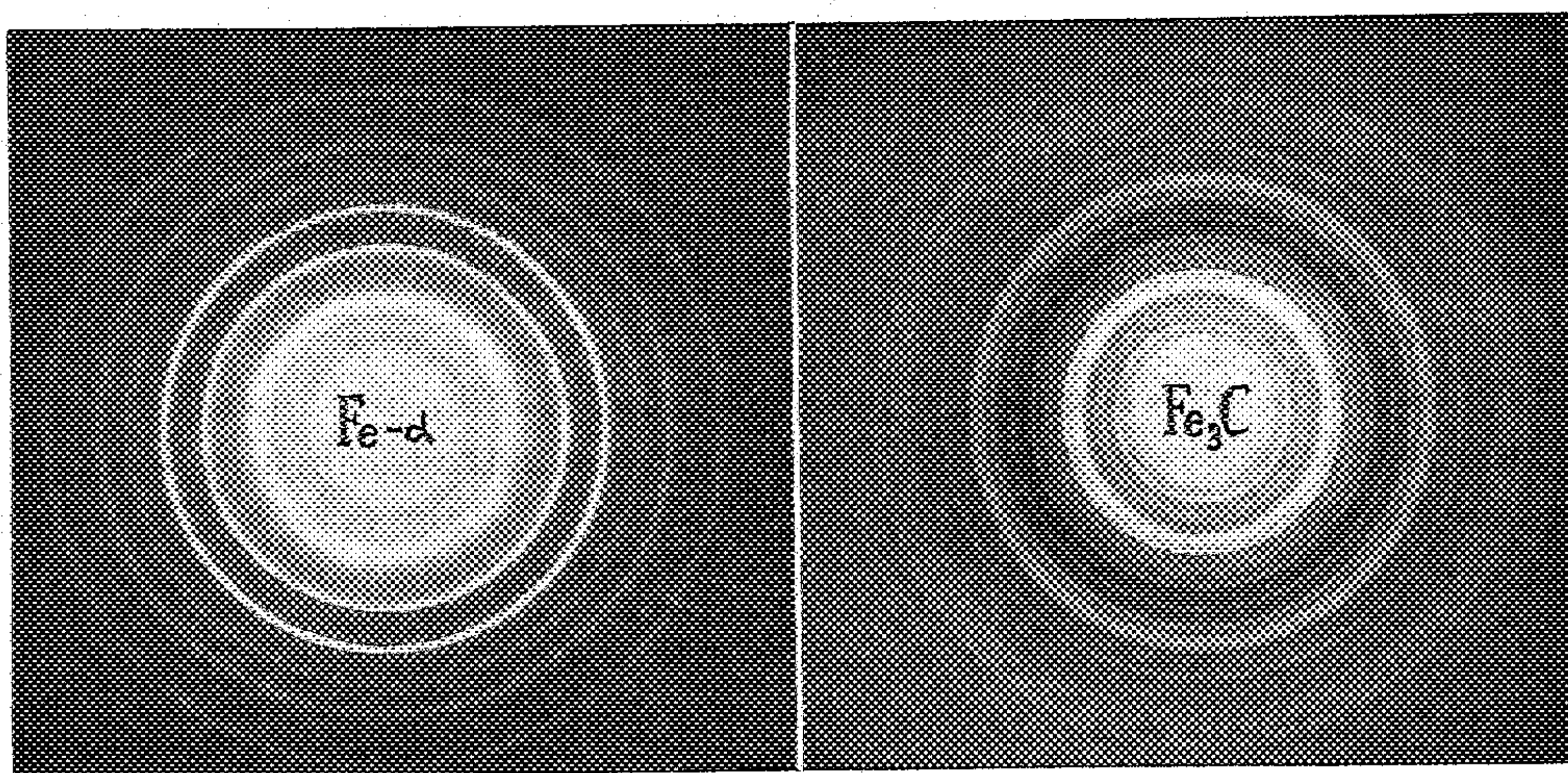
Nous avons réussi à préparer des films très minces polycristallins en effectuant dans le vide un dépôt sur une face fraîchement clivée de sel gemme, à partir de fer pur ou d'acier doux; le sel est ensuite dissous dans l'eau et le film métallique est recueilli sur une grille de nickel, et soumis à la cémentation en phase gazeuse en présence d'oxyde de carbone pur. L'opération s'effectue en tube de silice dans un four à température rigoureusement contrôlée; la prépa-

(*) Séance du 5 juin 1950.

(1) UEDA, ITO et KIMOTO, *Japan. Journ. Phys.*, 2, 1947, p. 9-11.

ration est ensuite examinée par diffraction électronique (49 kV, $\lambda = 0{,}0539$ A), après étalonnage de la longueur d'onde associée par un diagramme de ZnO.

Nous avons pu obtenir ainsi un grand nombre d'excellents diagrammes à partir de préparations soumises à des conditions variées de température et de durée (figures); le détail de ces expériences sera publié dans un autre recueil.



En particulier, si la cémentation est effectuée à 540° pendant une heure, on observe un diagramme très net et très riche en raies (environ 50 anneaux) : le calcul des distances réticulaires permet de conclure qu'il s'agit de cémentite Fe_3C, de maille orthorhombique, ainsi qu'il découle de la comparaison avec les résultats obtenus par la diffraction des rayons X ([2]). Au-dessous de 500° au contraire, on n'observe pas trace de cémentite. Les mesures ont été faites avec une précision de 0,1 % grâce à l'enregistrement simultané de diagrammes étalons.

Quelques anneaux sont dus à la présence de Fe_3O_4 qui provient de l'oxydation spontanée du film de fer ([3]) à l'air ou au cours de l'opération de cémentation.

L'examen des intensités indique en outre que le plan (113) de Fe_3O_4 est, dans nos conditions expérimentales, orienté préférentiellement de façon à être perpendiculaire à la surface de préparation.

Dans le cas de la cémentation à 540°, si les préparations ne sont pas exposées constamment à de l'oxyde de carbone frais, celui-ci se décompose en présence du fer et l'on observe sur les diagrammes la présence abondante de l'oxyde Fe_3O_4. En élevant la température, du graphite se dépose à la surface

---

([2]) Lipson et Petch, *J. Iron Steel Inst.*, 142, 1940, p. 95; Hume-Rothery, Raynor et Little, *J. Iron Steel Inst.*, 145, 1942, p. 143.

([3]) H. Nelson, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 252-259.

de la préparation et, au-dessus de 820° on n'observe plus ni le diagramme de Fe_3C ni le diagramme de Fe, qui sont sans doute masqués par le graphite.

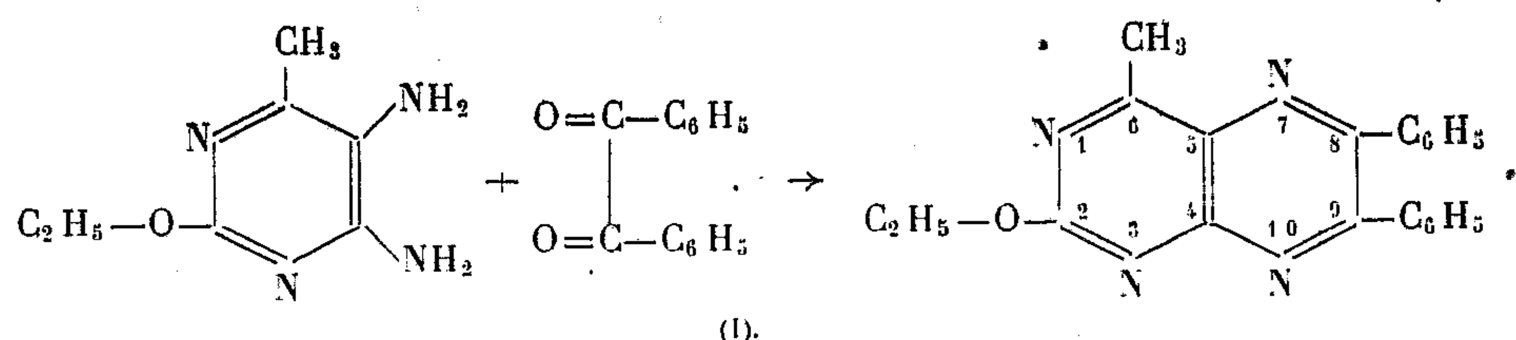
Les préparations préalablement oxydées dans l'air, puis cémentées à 540°, donnent sensiblement les mêmes résultats que les préparations non oxydées, mais les grains de cémentite sont nettement plus gros.

Dans ces expériences effectuées à 540°, on n'observe pas de différences nettes entre les résultats fournis par des films obtenus à partir de fer pur ou d'acier. Nous indiquerons ultérieurement l'influence de la température, de la durée de chauffage, ainsi que du mode de cémentation, sur la stabilité de la cémentite. La méthode que nous avons indiquée permet sans aucun doute d'étudier de nombreux problèmes en métallurgie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés hydrogénés de l'éthoxy-2 méthyl-6 diphényl-8.9 ptéridine.* Note de MM. **Michel Polonovski, Marcel Pesson** et **Antonius Puister**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La structure de l'éthoxy-2 méthyl-6 diphényl-8.9 dihydroptéridine obtenue par condensation en milieu acide, de la benzoïne et de la diaminopyrimidine correspondante est confirmée par synthèse directe au moyen de la désylamine.

Poursuivant nos travaux ([1]) sur le problème de l'isomérie posé par les dérivés dihydrés des diaryls-8.9 ptéridines, nous avons été amenés à étudier l'éthoxy-2 méthyl-6 diphényl-8.9 ptéridine (I) dont un des dérivés dihydrés a pu être obtenu par synthèse directe. La ptérine (I) [F(bloc Maquenne) : 185-187°)]. [Trouvé %, C 73,78-73,57; H 5,18-4,98; N 16,49-16,35; calculé %, C 73,64; H 5,32; N 16,37] a été préparée par condensation de l'éthoxy-2 diamino-4.5 méthyl-6 pyrimidine ([2]) avec le benzile, en milieu alcoolo-acétique :



(I).

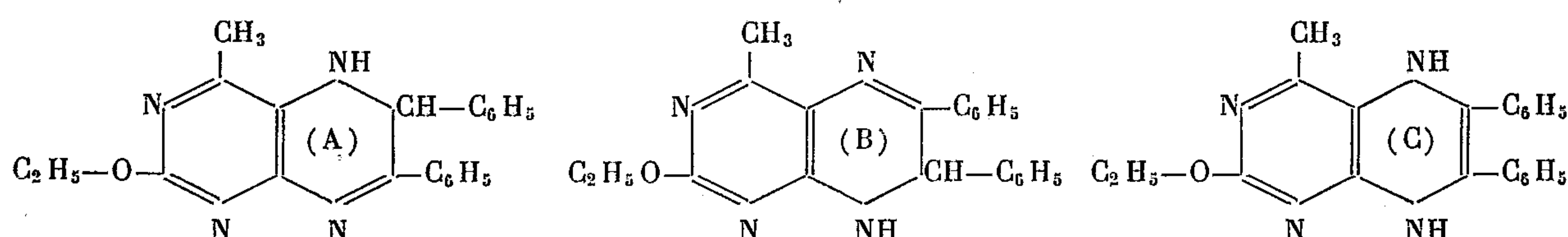
Lorsqu'on substitue la benzoïne au benzile dans cette condensation, les résultats sont différents suivant les conditions de l'expérience. En opérant dans

([1]) M. Pesson, *Bul. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 963 et *Thèse*, Paris 1950; M. Polonovski et M. Pesson, 1er *Congrès International de Chimie biologique*, 1949, Cambridge.

([2]) Cette diamine (F 135-136°), non encore décrite, est préparée par réduction au moyen du chlorure stanneux, de l'éthoxy-2 amino-4 nitro-5, méthyl-6 pyrimidine (F 165-166°), obtenue par action de l'éthylate de sodium sur la chloro-2 amino-4 nitro-5 méthyl-6 pyrimidine.

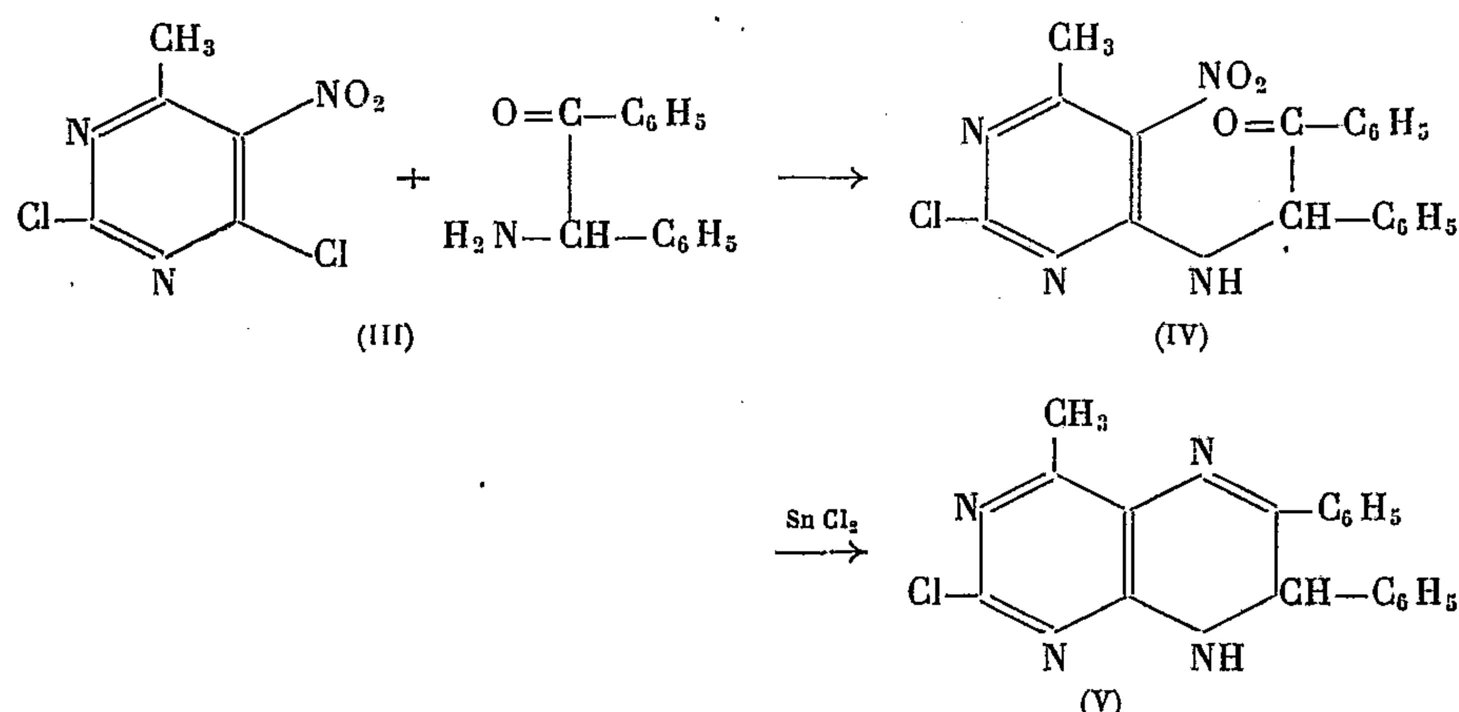
le méthanol, à 100° en tube scellé, il se forme aprés chauffage durant 40 heures, un mélange de substances colorées en orange d'où il ne nous a pas été possible d'obtenir des produits cristallisés homogènes, contrairement à ce qui a lieu pour les condensations analogues effectuées avec les hydroxy-6 (ou amino-6) diamino-4-5 pyrimidines. Après chauffage plus prolongé (140 heures), on isole une petite quantité d'un dérivé dihydré (II), blanc jaunâtre, plus facilement préparé en milieu alcoolo-acétique.

Cette dihydroptérine (F 239-240°) (trouvé %, C 73,10-72,94; H 5,73-5,63; N 16,52-16,51; calculé %, C 73,21; H 5,85; N 16,27) pouvait, en principe, répondre à l'un des trois schémas de structure (A), (B) et (C) :

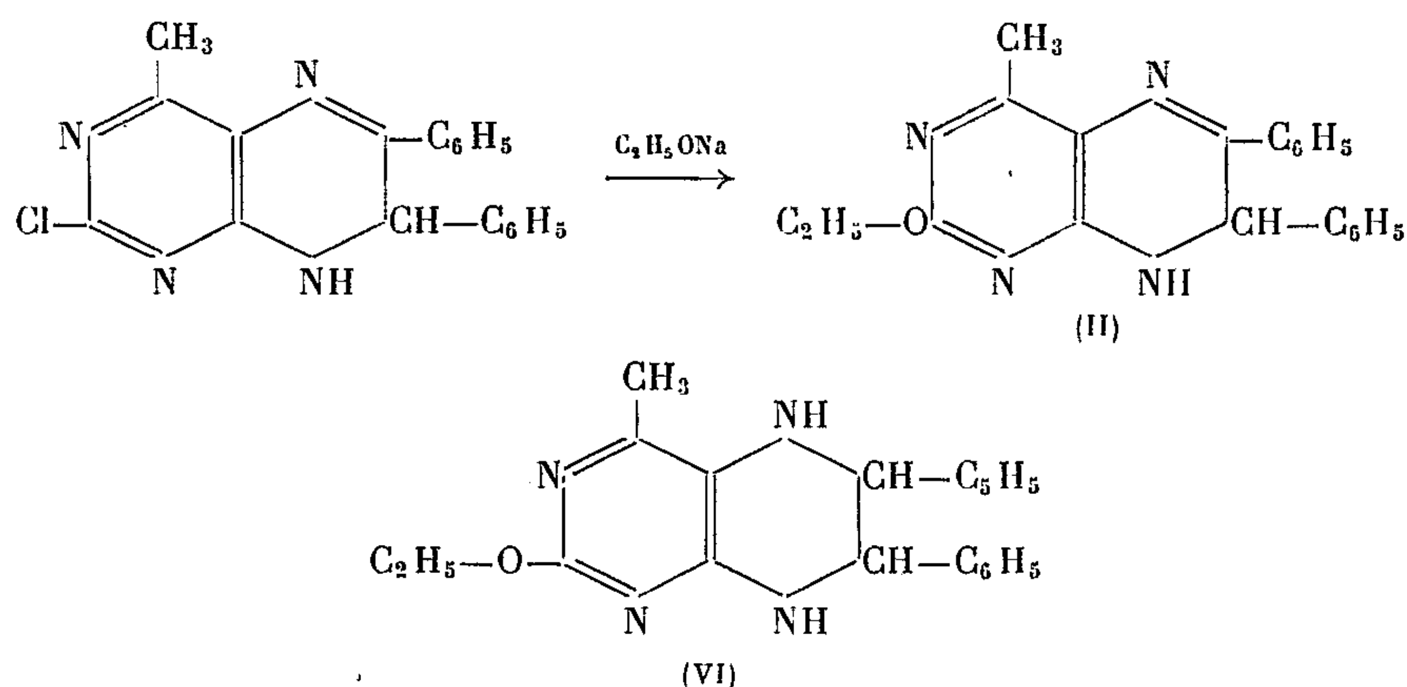


Le dosage des hydrogènes mobiles effectué sur cette substance, correspond à un atome (1,07 à 1,25). Par acétylation, on est conduit à un dérivé monoacétylé F 157-158° (trouvé %, N 14,64-14,5-14,6; calculé 14,5%) ne comportant pas d'atome d'hydrogène actif (valeurs trouvées 0,17-0,26 0,22%). Ces résultats nous permettent donc de rejeter la structure (C) qui donnerait deux atomes d'hydrogène mobile et dont le dérivé monoacétylé devrait comporter un atome d'hydrogène mobile.

D'autre part, une synthèse directe permet de préparer le composé de structure (B). La dichloro-2.4 nitro-5 méthyl-6 pyrimidine (III), par condensation en milieu hydroalcoolique avec la désylamine, en présence de carbonate de sodium, conduit en effet à la chloro-2 (N désyl) amino-4 nitro-5 méthyl-6 pyrimidine (IV) (F 198-199°). (trouvé %, C 59,55-59,52; H 3,92-3,93; N 14,64-14,62; Cl 9,22-9,11; calculé %, C 59,59; H 3,97; N 14,64; Cl 9,27).



La réduction de (IV) par le chlorure stanneux fournit la chloro-2 méthyl-6 diphényl-8.9 dihydro-9.10 ptéridine (V) F 273-275° (trouvé %, C 67,82-67,98; H 4,54-4,42; N 16,68-16,63; Cl 10,29-10,42; calculé %, C 68,14; H 4,52; N 16,74; Cl 10,59) qui, par action de l'éthylate de sodium dans l'alcool absolu, à l'abri de l'air, donne l'éthoxy-2 méthyl-6 diphényl-8.9 dihydro-9.10 ptéridine (F 239-240°), identique à (II), dont la structure (B) se trouve ainsi établie.



Par hydrogénation (au moyen du nickel Raney ou du platine, en milieu alcoolique, ou du platine, en milieu acétique), après fixation d'une molécule de H_2 sur (II) et de deux molécules de H_2 sur (1), on obtient la même tétrahydroptéridine, F 220-221°, répondant vraisemblablement à la structure (VI).

La fixation de l'hydrogène au contact du platine est plus rapide qu'en présence de nickel; en outre, surtout en milieu acétique, elle paraît conduire à des produits d'hydrogénation plus poussée. Dans tous les cas, lorsqu'on part de (I), il se forme, au cours de l'hydrogénation, un produit primaire très coloré en rouge orangé, facilement oxydable, qui n'a pu être isolé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'absorption de certains hétérocycles de la série naphtalénique* (I). Note (*) de M. **Évanguélos Baltazzi**, présentée par M. Marcel Delépine.

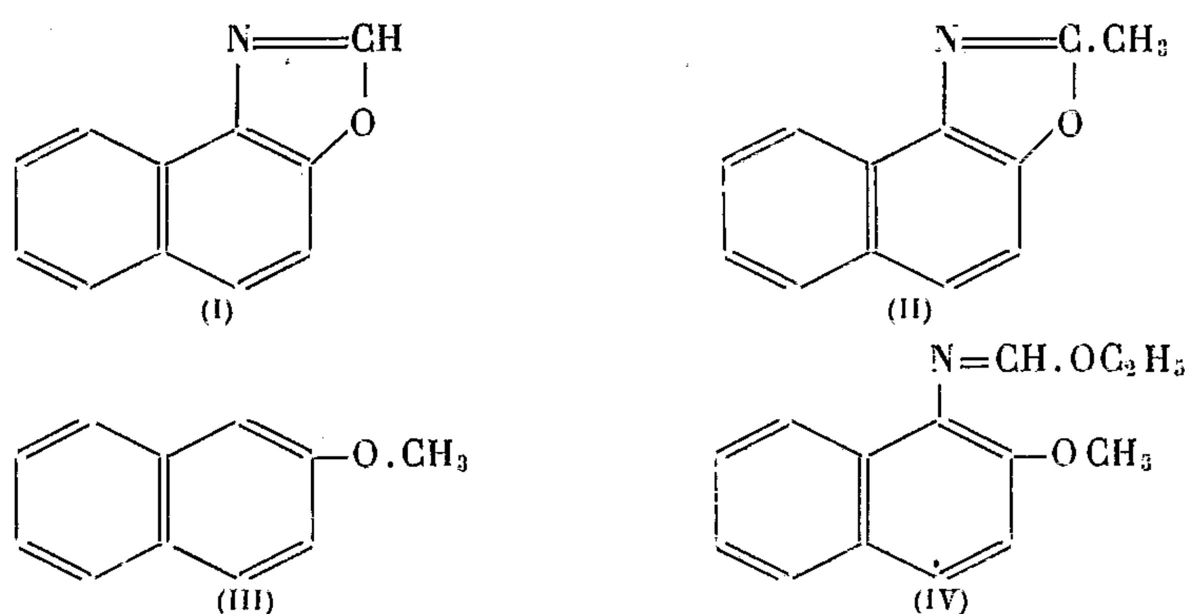
L'analyse spectrale de combinaisons dans lesquelles un noyau benzénique se trouve engagé dans un hétérocycle formé de cinq atomes et contenant des fonctions telles que —N=C, —N=N—, —C=C—... a montré que le *couplage* qui se produit entre ces fonctions et le noyau aromatique peut parfois devenir sensiblement nul. Mme Ramart et ses collaborateurs ont admis que le phénomène doit être attribué à un changement dans la structure électronique

(*) Séance du 12 juin 1950.

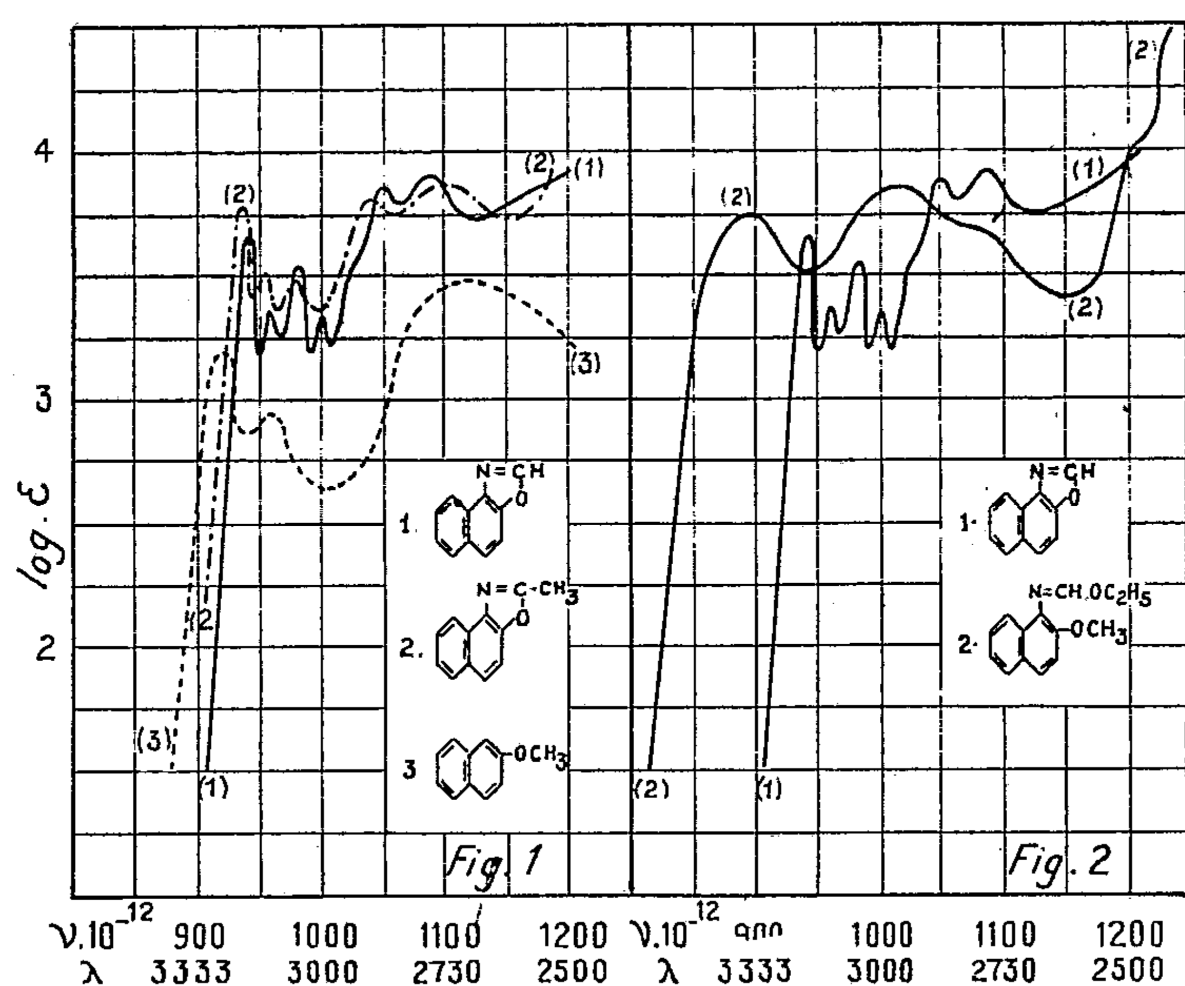
des atomes fonctionnels par suite de la déformation forcée des angles valenciels provoquée par la cyclisation.

Afin d'étendre ces recherches à la série naphtalénique, j'ai entrepris l'étude des spectres d'absorption de certains hétérocycles intéressant les positions 1 et 2 du naphtalène.

Je décrirai ici ce qui concerne le naphto 1,2 : 4,5 oxazole. Le phénomène observé pour ce dernier est analogue à celui que Mme Ramart et M. Vantu ([1]) ont décrit pour le cas du benzoxazole.



Le naphtoxazole (I) ainsi que son dérivé méthylé (II) possèdent une absorption voisine de celle du méthoxy-2 naphtalène (III) (*fig.* 1; courbes 1, 2, 3). Quand, par contre, on passe à l'éthoxyméthylène amino-1 méthoxy-2 naphtalène (IV), on observe un effet bathochrome intense (*fig.* 2; courbes 1, 2). Ce corps possède les mêmes groupements imino et méthoxy mais en chaîne ouverte.



On peut admettre, comme M[me] Ramart et ses collaborateurs l'ont déjà fait pour la série benzénique, que le *couplage* entre la fonction imine —C=N— et le radical aromatique, qui dans la molécule à chaîne ouverte est très intense, devient faible sinon nul dans la combinaison hétérocyclique du fait que la fonction en question se trouve engagée dans un cycle formé d'un petit nombre d'atomes dont les angles valentiels ont subi une déformation forcée.

L'amino-1 méthoxy-2 naphtalène qui sert de matière première à la préparation de l'éthoxyméthylène amino-1 méthoxy-2 naphtalène, pourrait être obtenu soit par réduction du nitrodérivé correspondant, soit par réduction du benzèneazo-1 méthoxy-2 naphtalène. Cette dernière méthode, la plus simple, n'est cependant pas à retenir et mes constatations, en ce qui la concerne, confirment celles de E. Ghigi ([2]).

Pour l'obtention du nitro-1 méthoxy-2 naphtalène exempt d'isomères nitrés, on a écarté jusqu'à présent la nitration directe du méthoxy-2 naphtalène ([3]) du fait qu'elle fournit un mélange d'isomères difficiles à séparer. Or il m'a été possible d'obtenir le nitro-1 métoxy-2 naphtalène à l'état pur par nitration directe.

Pour cela on dissout 75^g de méthoxy-2 naphtalène dans 900$^{cm^3}$ d'acide acétique glacial et, tout en maintenant la température aux environs de 10°, on ajoute goutte à goutte et en agitant 60$^{cm^3}$ d'acide nitrique à 40° Bé. La température et l'agitation sont maintenues 1 heure 15 minutes après la fin de la réaction. On essore les cristaux formés qui sont du nitro-1 méthoxy-2 naphtalène pratiquement pur (F 128°). Les eaux-mères sont recueillies et refroidies à 5°. On y ajoute alors par petites portions et sous bonne agitation une seconde fraction de 75^g de méthoxy-2 naphtalène pulvérisé et l'on répète la nitration. Les deux fractions de cristaux sont recristallisées une fois encore dans l'acide acétique glacial (F 130°); Rdt 58-60 % ; ce dérivé nitré est ensuite réduit selon Béchamp.

L'éthoxyméthylèneamino-1 méthoxy-2 naphtalène est obtenu par condensation selon Claisen ([4]) de l'orthoformiate d'éthyle avec l'amino-1 méthoxy-2 naphtalène. C'est une huile légèrement jaune ($É_{18}$ 202°; Rdt 69 %). L'hydrolyse à froid par l'acide chlorhydrique à 5 % régénère l'amine initiale.

([1]) M[me] Ramart et M. Vantu, *Bull. Soc. Chim.*, 5[e] série, III, 1936, p. 1165.

([2]) *Helv. Chim. Acta*, **23**, 1940, p. 428-30.

([3]) H. E. Fierz-David et H. Ischer, *Ibid.*, 21, 1938, p. 679.

([4]) *Liebigs Ann.*, **237**, 1895, p. 365.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hexadiyne-*1.4, *one*-3. Note de Mlles **Janine Chauvelier** et **Paulette Lacombe**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons préparé l'éthynyl-propynyl-cétone (hexadiyne-1.4-one-3 : C_6H_4O ou $HC\equiv C-CO-C\equiv C-CH_3$), selon la méthode mise au point par l'une de nous et qui consiste à faire agir un magnésien acétylénique sur un aldéhyde acétylénique, puis à oxyder l'alcool obtenu (1).

Dans ce cas particulier, nous avons condensé l'aldéhyde propargylique $HC\equiv C-CHO$ avec le bromure de propynyl-magnésium $CH_3-C\equiv C-MgBr$.

L'aldéhyde propargylique était obtenu par oxydation sulfochromique de l'alcool propargylique [méthode indiquée par Reppe (2)]. Il faut conduire cette oxydation de telle sorte que l'aldéhyde distille au fur et à mesure de sa formation. Les rendements de l'opération sont très faibles, de l'ordre de 10 %, ceci pour différentes raisons :

1° parce que le propynal se polymérise avec une extrême rapidité, surtout lorsque la température s'élève;

2° par suite des réactions secondaires : oxydation plus poussée conduisant à l'acide propiolique, lequel se décompose en produits non condensables : CO_2 et acétylène, d'où les difficultés de condensation totale de l'aldéhyde sous pression réduite.

L'aldéhyde dilué de dix fois son volume d'éther se conserve cependant plusieurs jours à 0° et en présence d'hydroquinone. (É 60°).

La condensation du propynal et du bromure de propynyl magnésium conduit à l'hexadiyne-1.4, ol-3 : $HC\equiv C-CHOH-C\equiv C-CH_3$. C'est un liquide qui distille à 77° sous 11^{mm} (n_{18}: 1,4813; d_{18}: 0,969; RM : 27,59 et RM_{calc}: 27,26).

L'oxydation acétochromique de cet alcool conduit à la cétone correspondante (F + 3°; $É_{12}$: 60°,5; $n_{18°}$: 1,4864; $d_{18°}$: 0,945; RM 27,95 et RM_{calc} : 25,90, cette forte exaltation de la réfraction moléculaire étant due à la double conjugaison).

Action de l'aniline. — Comme les autres cétones de cette série (1) (3), l'éthynyl-propynyl-cétone additionne une molécule d'aniline et ce, avec une très forte élévation de température. Il est nécessaire de refroidir vigoureusement pendant l'addition des réactifs.

Le composé d'addition formé se présente sous forme de cristaux jaunes fondant à 152° au bloc Maquenne, mais dès 80° ils s'isomérisent en un corps fondant plus bas que le produit initial.

---

(1) J. Chauvelier, *Ann. Chim.*, 3, 1948, p. 395.

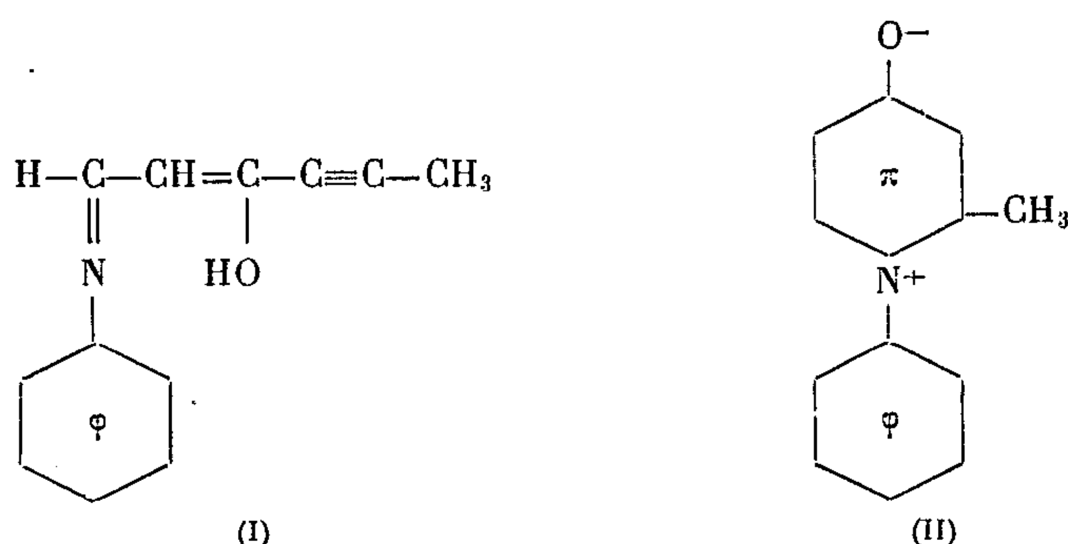
(2) *Conférences*, Paris 1948.

(3) J. Chauvelier, *Bull. Soc.*, 1950, p. 272.

Ils répondent à la formule brute : $C_{12}H_{11}ON$. Analyse :

	C.	H.	O.	N.
Calculé %..............	77,84	5,94	8,65	7,57
Trouvé %..............	77,63	6,44	8,53	7,66

et par analogie avec les dérivés d'addition obtenus avec d'autres cétones diacétyléniques, nous avons pu leur attribuer la formule (I) :



En effet, contrairement à ce qui a pu être démontré pour la propynyl-phénéthynyl-cétone ([1]), nous n'avons pu ici mettre en évidence qu'un seul produit d'addition, correspondant à la triple liaison la moins encombrée. Une oxydation permanganique ne nous a en effet donné que du formanilide, de l'acide acétique et de l'acide mésoxalique.

L'isomérisation thermique de ce produit d'addition conduit à la pyridone correspondante : la N-phényl-α-méthylpyridone [formule (II)] qui est incolore et fond à 138°.

Ce travail entrepris en vue de généraliser une méthode de synthèse des γ-pyridones et des γ-pyrones, nous a conduites à des résultats fort intéressants, car il nous permet d'envisager une voie d'accès assez simple pour les γ-pyridones (et sans doute les γ-pyrones) α-monosubstituées qui sont fort peu connues. On peut même espérer atteindre par l'intermédiaire de la pentadiyne-1.4, one-3, qui paraît accessible par cette voie, les γ-pyridones et les γ-pyrones fondamentales ce qui n'aurait qu'un intérêt de généralisation.

MINÉRALOGIE. — *Sur la thixotropie des suspensions de montmorillonite.* Note de MM. **Jean Barriol** et **Jean-Michel Bloch**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les gels de montmorillonite présentent une thixotropie caractérisée, du point de vue expérimental, par une valeur μ du module de rigidité, se rapportant à la déformation élastique, et par la valeur de la force tangentielle

maxima F susceptible de rompre la structure du gel [1]. Cette rupture intervient pour une valeur α_0 de l'angle de glissement donnée par

$$F = \mu\alpha_0.$$

Une série d'expériences a été effectuée avec des gels préparés à partir d'une même montmorillonite sodique pure. Ces gels ont des concentrations variables et présentent des rigidités très diverses (μ varie de 250 à 22 000 C. G. S.) [2]. Tous ces essais conduisent à une même valeur

$$\alpha_0 = 0,025 \text{ radian},$$

qui apparaît ainsi comme une véritable grandeur caractérisque du type de gel expérimenté, correspondant probablement à une même structure interne.

Par ailleurs, des expériences ont été effectuées pour mesurer la pression maxima P que le gel est susceptible de supporter. On obtient très sensiblement

$$P = \mu = \frac{F}{\alpha_0}$$

Ces expériences s'interprètent simplement en admettant que le gel est peu compressible. Cette hypothèse se trouve confirmée par l'essai suivant : une suspension entièrement liquide de montmorillonite sodique est enfermée dans un récipient calorifugé et l'on cherche à déterminer si l'apparition de la gélification thixotropique se traduit par une variation de volume de la suspension. Les résultats montrent qu'après trois jours de repos le volume est resté constant, bien que la gélification thixotropique soit apparue très nettement

Le gel étant ainsi peu compressible, la compression exercée lors de la mesure de P produit un glissement et la rupture d'équilibre correspond au même angle de glissement α_0 que ci-dessus. En fait, P est légèrement supérieur à μ, et l'écart, de l'ordre de 10 %, correspond vraisemblablement au fait que l'on néglige, lors du calcul de P, les forces dues au contact entre le gel et la paroi latérale du cylindre.

Les deux procédés de mesure s'interprètent donc en fonction d'une même constante physique α_0 qui semble susceptible de jouer un rôle intéressant dans la classification des types de thixotropie. α_0 est notamment influencé par les électrolytes présents dans la phase dispersive de la suspension : en présence d'acide sulfurique ou d'acide formique dilués, α_0 prend une valeur voisine de 0,2 radian.

Il est nécessaire d'attirer l'attention sur le fait que la détermination de α_0 comporte une mesure de F qui, par nature, est susceptible de fluctuations importantes, surtout pour les faibles thixotropies, où des causes accessoires de

---

(1) J. Barriol, J. M. Bloch et F. Kayser, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1899.

(2) J. M. Bloch, *Thèse Doctorat Sciences physiques*, Nancy, 1950.

rupture du gel (vibrations fortuites) jouent un rôle essentiel. Il est donc indiqué de procéder à un grand nombre de déterminations successives pour que la mesure de α_0 puisse être considérée comme ayant un sens physique; les écarts entre les valeurs extrêmes obtenues peuvent être considérables et, dans une série d'expériences par exemple, il a été obtenu des valeurs de α_0 comprises entre 0,020 et 0,040 radian. Il n'en reste pas moins que la représentation graphique de l'ensemble des résultats expérimentaux ne laisse subsister aucun doute sur cette loi de la constance de α_0.

Des essais sont en cours, en vue d'explorer le mécanisme intime de la gélification thixotropique, grâce à la mesure de α_0, en fonction des différents facteurs susceptibles d'influer sur la thixotropie.

MINÉRALOGIE. — *Reproduction artificielle de la sillimanite.* Note de Mme **Mireille Christophe Michel-Lévy**, transmise par M. Albert Michel-Lévy

La sillimanite a été reproduite à 450 et à 500°, sous une pression de vapeur d'eau de 50 kg/cm² environ, en présence de borate de sodium. Ce n'est donc pas nécessairement un minéral de haute température et de forte pression.

La synthèse de la sillimanite $SiAl_2O_5$ n'avait pas été réalisée jusqu'ici. De nombreuses expériences à haute température (entre 1300 et 1400°) avaient cependant permis d'obtenir un produit très voisin, la mullite $3Al_2O_3$ $2SiO_2$, que l'on a d'ailleurs longtemps confondue avec la sillimanite car la ressemblance entre les deux minéraux est très grande.

Nous venons de reproduire artificiellement la sillimanite à des températures basses (450-500°) dans les conditions suivantes; les proportions de silice et d'alumine amorphes correspondent dans tous les essais à la formule $SiAl_2O_5$.

a. Essais avec 20 % de borate de sodium $B_4O_7Na_2$, $10H_2O$ (soit 2 % de bore et 2 % de sodium environ), sous pression de vapeur d'eau voisine de 50 kg/cm².

1. A 500°, on obtient des cristaux de sillimanite visibles au microscope, en touffes de fines aiguilles bien biréfringentes, d'indice moyen 1,66, à extinction droite et allongement positif. Leur longueur ne dépasse pas une vingtaine de microns. En présence de fer, elles ont tendance à se grouper autour de grains ferrugineux et la cristallisation semble plus abondante. En même temps, naissent de nombreuses plaquettes d'albite. Un premier diagramme de rayons X a indiqué un mélange de sillimanite et d'albite. Pour obtenir un cliché de sillimanite pure, le produit a été chauffé au four Mecker vers 1200°. L'albite a fondu (point de fusion 1122°). Seul subsiste alors le diagramme de la sillimanite, mais les raies de celui-ci sont faibles, car le produit est mélangé d'une certaine proportion de corps amorphes. On ne peut donc le distinguer de celui de la

mullite, les seules différences entre les deux diagrammes étant des différences d'intensité de certaines raies.

2. Nous n'avons pas obtenu de sillimanite à 400°, mais un produit microcristallin qui, recuit six jours à 450°, toujours sous 50 kg/cm² de pression de vapeur d'eau, montre alors le développement de très fines aiguilles de sillimanite.

3. Mais une dernière expérience à 450° n'a pas donné directement de sillimanite.

b : Essais à plus haute pression de vapeur d'eau.

Sous une pression de 500 kg/cm² et à 500°, on n'obtient plus de sillimanite.

1. En présence de traces de fer, on est dans le domaine de cristallisation de la tourmaline qui naît en grande abondance dans ce milieu hyperalumineux.

2. Mais en l'absence de fer, la tourmaline ne cristallise pas et il se forme un produit micacé abondant qui a donné un beau diagramme de paragonite (mica blanc sodique).

Il est intéressant de noter que l'influence de la tension de vapeur d'eau semble prépondérante dans la formation soit du minéral anhydre qu'est la sillimanite, soit de minéraux hydroxylés, tourmaline ou paragonite.

c. Essais d'autres minéralisateurs (à 50 kg/cm² et à 500°). — On n'obtient pas de sillimanite, ni avec de la soude, ni avec le fluosilicate de sodium; avec ce dernier, c'est la topaze qui cristallise en très petits cristaux en même temps que l'albite.

Ainsi, dans cet ensemble d'expériences, la sillimanite n'est apparue qu'à basse pression de vapeur d'eau et en présence à la fois de bore et de sodium.

Ces résultats sont d'un véritable intérêt pour les géologues : en effet, en raison du haut point de fusion de la sillimanite (1816°), ces derniers ont souvent attribué la présence de ce minéral à l'influence de la haute température sous haute pression. En réalité, il se rencontre dans certaines pegmatites et dans des sédiments silico-alumineux modifiés au contact du granite, mais il est surtout fréquent dans les gneiss où il accompagne la cordiérite; il faut noter que les gneiss en question ont presque toujours subi des actions pneumatolytiques car ils sont injectés de granulite. L'influence de la pneumatolyse accompagnant les phénomènes qui conduisent à sa formation semble donc un facteur prédominant, et nos expériences cadrent avec les conditions de genèse probables dans la nature.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *De l'importance de la notion de viscosité pour juger de la puissance érosive des cours d'eau en milieu climatique oranais.* Note (*) de M. **Jean Pouquet**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Grâce aux conditions spéciales d'ordre climatologique et paléoclimatique, la forte teneur en sels solubles des régions oranaises est en grande partie responsable de la valeur accrue des phénomènes turbulents, cause première de l'action érosive des oueds de la région.

On sait que si l'écoulement laminaire (régime de Poiseuille) est pratiquement dénué d'action érosive, l'installation de la turbulence (régime de Venturi) est à l'origine aussi bien de l'enfoncement linéaire, du façonnement du lit, que du pouvoir accru de transport des rivières. L'apparition du régime turbulent permet une augmentation en valeur absolue de la masse des matériaux transportés tout en éloignant le fluide du point de saturation (notion de charge limite) (¹).

Le nombre de Reynolds (N, coefficient de turbulence) nous permet de juger des conditions d'existence de la turbulence : $N = \gamma(V_m R/a)$ (γ, densité du liquide; R, rayon hydraulique; V_m, vitesse moyenne et a, coefficient de viscosité). En remplaçant V_m par sa valeur $V_m = C\sqrt{RI}$ (C, coefficient de rugosité; I, pente; formule de Chézy), on obtient $N = \gamma(C\sqrt{R^3 I}/a)$, ce qui permet de saisir plus facilement les facteurs favorables au régime de Venturi : rugosité (frictions, frottements, obstacles), rayon hydraulique et pente, mais laisse encore dans une demi-obscurité le facteur a.

Avec Bouasse (¹) on peut simplifier ainsi : *l'écoulement par filets rectilignes et parallèles est insoutenable dès que la vitesse dépasse une certaine valeur critique, et que les tourbillons ne sont dus qu'à la viscosité.*

Un fluide parfait ne saurait admettre le régime turbulent, quels que soient les facteurs de vitesse, de rugosité, de rayon hydraulique. Le fluide parfait n'est qu'une vue de l'esprit; la viscosité des fluides varie de l'un à l'autre (eau à 0° : 0,0178 C. G. S.; huile de ricin : 18; air à la température ordinaire : 0,00017, etc.); elle varie aussi, pour un même fluide, selon la température (en sens inverse pour l'eau, parallèlement pour l'air), selon la pression (d'une façon d'ailleurs insensible et négligeable avec les variations barométriques de l'atmosphère), selon la composition chimique surtout, semble-t-il.

1° *Données thermiques.* — Approximativement, pour 1° d'élévation de

---

(*) Séance du 12 juin 1950.

(¹) *Cf. a.* Pardé, *Cours de Potamologie Dynamique fluviale*, 2, p. 247 à 709; *b.* Bruhat, *Cours de mécanique physique*, 8, 1934, 5ᵉ partie (Notions de mécanique des fluides); *c.* Bouasse, *Jets, tubes et canaux*, 21, 1923, p. 246-256, 282-312, 330-340; *d.* Bouasse, *Hydrodynamique générale. Fluides parfaits et visqueux. Ailes d'avion, ibid.*, 23, 1928, p. 192-194, 203-205.

température, le coefficient de viscosité de l'eau diminue de 2 à 3/10000. Pratiquement la température de l'eau de nos oueds oscille de 0° à 18° au maximum, ce qui donne une valeur de viscosité comprise entre 0,017 et 0,010. Si l'on veut bien se rappeler que les précipitations en Oranie se produisent en saison froide, que les températures *vraies* au sol oscillent fréquemment autour de 0° en janvier et en février, on en déduira que la valeur maxima du coefficient de viscosité est presque toujours réalisée. Il est en tous cas supérieur à celui des régions à saison humide localisée en été, et supérieur aussi (à égal volume annuel des précipitations) à celui des pays tempérés.

2° *Données chimiques.* — Pour l'Oranie ces données revêtent une importance particulière, sous deux formes essentielles :

a. les poussières limoneuses très denses, sans modifier la composition chimique du fluide, apportent une gêne supplémentaire au déplacement des filets liquides et provoquent une amplification de la turbulence;

b. les eaux, les sols sont très fortement chargés en sels solubles ([2]) (héritage des paléoclimats, attérissements continentaux sous climat steppique, innombrables affleurements de Trias gypsosalin). L'augmentation du coefficient de viscosité paraît intimement lié à la teneur en chlorures, sulfates, calcium, etc. La saison sèche (en été) permet la concentration en surface des sels solubles, lesquels seront immédiatement entraînés par les premières pluies vers le lit des oueds. Cette forte salure accélère en même temps l'évolution vers une forme solifluidale des argiles qui prennent l'aspect d'un fluide sans aucune tenue. La violence des averses d'hiver, le relief heurté de la région viendront encore accroître les vitesses d'écoulement d'un fluide à viscosité relativement élevée. Or, si *les forces de viscosité décroissent à mesure que la vitesse diminue et s'annulent avec elle* ([3]), la proposition inverse s'établit d'elle-même.

La considération du coefficient de viscosité, trop souvent négligé, permet de serrer de plus près la recherche des origines de l'érosion fluviale. Il me paraît même qu'il y aurait là un des multiples facteurs capable de mieux faire comprendre la violence érosive en milieu nord-africain, et dans les régions soumises aux mêmes conditions climatiques (climats d'appartenance méditerranéenne).

([2]) *Voir* à cet égard les très suggestives analyses de sols et d'eau réalisées par la *Socoman* en vue de l'établissement de la canalisation d'eau du barrage des Beni Badhel à Oran. *Cf.* le dossier *Barrage de Beni Badhel* (dactylographies, coupes, cartes, etc.) au Service de la colonisation et de l'hydraulique à Alger.

([3]) Bruhat, *op. cit.*, 317, p. 438, souligné dans le texte.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de mouvements calédoniens au Mouydir (Sahara Central).* Note de M. **Jacques Follot**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1935 ([1]), le regretté Conrad Kilian avait signalé l'existence de mouvements calédoniens au Sahara Central. Au cours de ma dernière mission dans le Mouydir, j'ai pu vérifier et préciser ses observations. Les mouvements calédoniens sont mis en évidence d'une part par la stratigraphie, d'autre part par la tectonique.

Si nous faisons la coupe du *tassili externe* du Mouydir dans la région du Djebel Bagline, au-dessus des schistes à Graptolites gotlandiens, nous trouvons des grès littoraux, en dalles plus ou moins épaisses, couvertes de pistes de Vers et présentent quelques lits schisteux intercalés. Au-dessus viennent des grès rouges assez grossiers, à stratification entrecroisée qui forment la majeure partie du *tassili externe*. Localement, au Nord du bordj de Tadjmout, ils reposent en discordance très nette sur les couches terminales du Gotlandien. A l'intérieur de cette série, nous observons de nombreuses discordances de stratification qui peuvent atteindre 40°. Ces grès rouges sont sans aucun doute d'origine continentale. Au-dessus, nous trouvons un conglomérat ferrugineux, puis des grès renfermant en abondance : *Spirifer arduennensis, Spirifer paradoxus,* des pygidiums de Trilobites et des Pterinées.

Les grès rouges se retrouvent dans tout le Mouydir, sauf dans la région de Tiguelguemine, où ils font place à des grès littoraux plus ou moins schisteux. Vers l'Ouest, ils diminuent progressivement d'épaisseur et disparaissent au Nord du puits d'In Belrem, où la série éodévonienne devient entièrement marine.

A la fin du Gotlandien, nous voyons donc s'établir dans cette partie du Sahara Central un régime de sédimentation continentale. Le Mouydir était alors émergé, tandis qu'à l'Ouest, l'Ahnet demeurait dans le domaine marin. Toutefois la sédimentation marine persistait dans des golfes comme la région de Tiguelguemine.

C'est de l'Ouest que la mer revient progressivement. D'In Belrem au Djebel Bagline, nous suivons très bien cette avancée, le conglomérat de base se trouvant de plus en plus haut. Ainsi dans l'Oued Ag Maamar, il est surmonté par 60^m de grès en plaquettes à ripples marks, coupés à mi-hauteur par un niveau ferrugineux renfermant : *Spirifer hercyniæ, Spirifer bischofi.* Plus à l'Est, ce niveau recouvre directement le conglomérat; enfin, à partir d'Ain Tidjoubar, ce dernier n'est plus surmonté que par les couches à *Spirifer arduennensis.*

D'autre part, si les principales unités tectoniques du Mouydir sont orientées Nord-Sud, suivant la direction hercynienne, dans le *tassili interne* il existe des plissements dirigés Est-Ouest.

([1]) *De la coupe d'Amserha et des mouvements calédoniens au Sahara* (*C. R. Som. Société Géologique*, 1935, p. 219).

On peut en observer plusieurs sur la piste de Tamanrasset, entre Tilmas In Takoula et le Bordj d'Arak. Le premier est le synclinal de Tiratimine qui fait affleurer les schistes gotlandiens au cœur de l'Adrar Tiratimine. Plus au Sud, à Aouinet el Aroui, il y a un magnifique pli déversé et faillé. Au bordj de Tadjmout, les *grès inférieurs* sont affectés par une faille Est Ouest associée à un petit décrochement latéral. A l'Est de Tadjmout, l'Oued Irarrar jalonne un synclinal de direction analogue. De l'autre côté de la grande apophyse antécambrienne de Tadjmout Arak, nous trouvons des plis semblables, souvent faillés ou déversés, comme c'est le cas à Hassi Takoumbaret. Sans doute en observerons-nous d'autres au fur et à mesure que se complètera notre connaissance des tassilis internes.

Cette direction de plis ne se retrouve pas dans les couches postérieures au Silurien. D'ailleurs au Nord de Tadjmout, dans les *grès inférieurs* plissés Nord Sud, nous pouvons observer des traces de plis Est-Ouest brisés par les mouvements hercyniens, ce qui prouve leur antériorité. Ils ne peuvent donc être que calédoniens.

En résumé, l'étude de la tectonique confirme les données de la stratigraphie. *Il y a eu au Sahara Central des mouvements calédoniens qui ont provoqué la formation de plis Est-Ouest et l'émersion du Mouydir durant la majeure partie du Dévonien inférieur.*

GÉOLOGIE. — *Sur l'ancienneté probable des directions méridiennes dans la partie septentrionale du Massif Central français.* Note (*) de M. **Jean Dautry**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

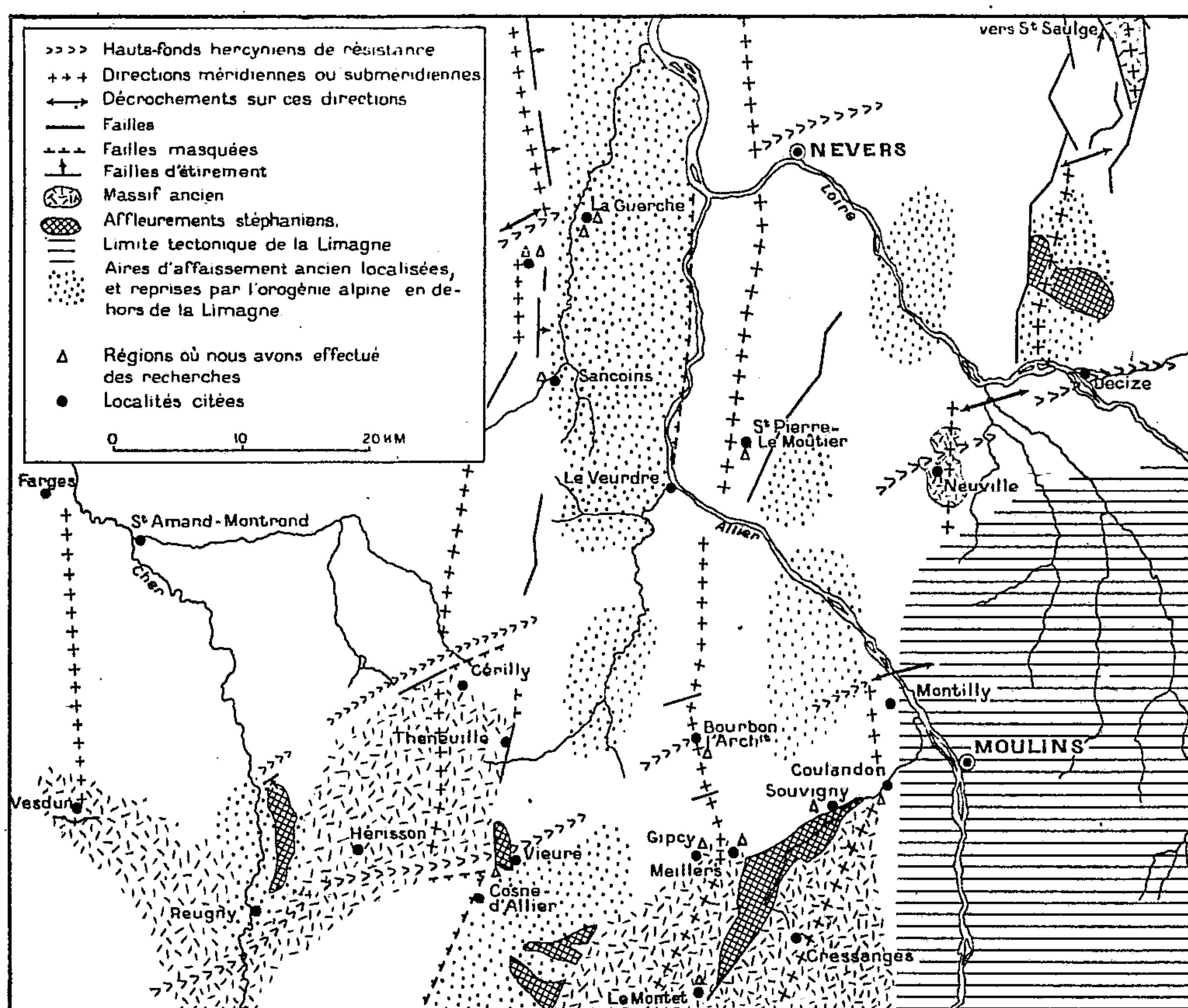
L'étude de la région comprise entre Saint-Amand-Montrond, Saint-Saulge, Le Montet et Reugny (Nord de Montluçon), paraît indiquer que les fractures Tertiaires consécutives à l'orogénie Alpine se sont greffées sur des directions méridiennes plus anciennes. La poursuite de ces dernières directions à travers le massif ancien s'effectuerait à la suite de décrochements latéraux Est-Ouest, pour aboutir plus au Sud à des lignes de torsion Anté-Stéphaniennes de direction NNE-SSW.

J'ai été amené antérieurement, en utilisant les travaux de MM. A. Michel-Lévy, E. Raguin, J. Jung, A. Demay, G. Mouret, à admettre la coexistence de deux styles tectoniques, l'un assez souple formant une zone plissée d'âge Post-Dinantien et Anté-Stéphanien au Nord du Massif Central français, l'autre plus au Sud comprenant des Batholites dont l'évolution paraissait absolument différente. A l'ancienneté d'une subsidence Dinantienne développée à l'Est du socle cristallin portant la chaîne des Puys, et formant déjà, selon M. J. Jung, une sorte de *prélimagne*, je crois pouvoir aujourd'hui ajouter les précisions suivantes :

Entre le Sancerrois et le Morvan, il semble exister une série d'axes anticli-

(*) Séance du 12 juin 1950.

naux et de zones déprimées de direction sensiblement méridienne. Ces ondulations, interrompues le long des lignes de résistance Anté-Stéphaniennes de direction ENE-WSW ou E-W, y subissent des décrochements latéraux de valeur à peu près constante (8 à 10^{km} Est-Ouest) ou parfois une torsion ayant pour résultat un décalage des plis vers le Sud-Sud-Ouest. Entre ces anticlinaux, de grands fossés, individualisés sans doute dès la fin du Carbonifère, paraissent avoir joué le rôle de subsidences locales. Ces plis, amorcés vraisemblablement depuis longtemps, continuaient à jouer à la fin du Permien. Ceci est confirmé, en particulier :



par la présence de quartz d'âge éotriasique dirigés Nord-Sud sur le bord occidental du Morvan et du massif de Saint-Saulge, ainsi qu'entre Gipcy et Meillers (Ouest de Moulins);

par les grès Saxoniens transgressifs sur une faille Nord-Sud déjà nivelée, dans le bassin Permien du Bourbonnais ;

par les variations d'épaisseur des Arkoses de Cosne, en augmentation sur des directions N-S et NNE-SSW, ces dernières étant en rapport avec les torsions subies par les axes ;

par la lacune du Rhétien sur un bombement entre Saint-Pierre-le-Moûtier et Bourbon-l'Archambault, avec gouttières synclinales Nord-Sud dans lesquelles ce même Rhétien existe (Recherches de 1948 et 1949).

Dans le Morvan, on se trouve en présence de directions méridiennes plus anciennes (Frasnien et Famennien des feuilles de Charolles et d'Autun) très bien établies par M. Michel-Lévy. Une reprise de mouvements dès la fin du Lias, suivant les mêmes axes, semble enfin attestée :

par une lacune à Germigny-l'Exempt (Ouest de la Guerche), où le Vésulien transgressif est discordant sur l'Hettangien et le Sinémurien, après avoir recouvert une faille Anté-Vésulienne nivelée ;

par un accident à Farges (Ouest de Saint-Amand-Montrond) où l'Aalénien plonge vers le Nord, entouré de Bajocien reposant en discordance angulaire;

par les faciès, tous deux inséparables, du sommet de l'Aalénien et de la base du Bajocien, très différents, à l'Ouest du fossé du Sancerrois, de ceux de l'Aalénien à l'Ouest de Sancoins constitué par des marnes noires et bleues surmontées directement de Bajocien moyen non ferrugineux;

par les pendages montrant la formation d'un anticlinal Nord-Sud dissymétrique, très aplati, avec sur sa retombée Est une série de failles d'étirement caractéristiques.

On peut donc penser que l'affaissement du fossé du Sancerrois est ancien et ne se développe vers le Nord qu'à partir du haut-fond Anté-Stéphanien allant du Nord de Cerilly à Decize, marquant un resserrement et un amortissement des plis méridiens. Il n'en est que plus curieux de constater que c'est au Sud de la zone Cerilly-Decize et Hérisson-Montilly (Nord-Ouest de Moulins) que s'accomplit le passage des directions N-S aux directions NNE-SSW. Le schéma ci-joint indique la région considérée et les recherches effectuées.

Ainsi, les directions méridiennes seraient intimement liées aux directions Hercyniennes. Les mouvements dus à l'orogénie Alpine, dont l'influence est majeure dans cette région, n'auraient fait, sur des directions à peu près identiques, que reprendre, en partie, des mouvements plus anciens.

PALÉONTOLOGIE. — *Développements aberrants chez* Orbitolites complanatus *Lamarck*. Note de M. **René Abrard**, transmise par M. Charles Jacob.

Des individus aberrants d'*Orbitolites complanatus* Lamarck m'ont été remis par L. Morellet il y a quelques années.

L'échantillon 1, du Lutétien supérieur de Bois-Gouët montre un développement semi-annulaire; l'embryon est presque isolé et mis en saillie, à l'intérieur d'un espace délimité par l'avancée des lobes latéraux des loges semi-annulaires.

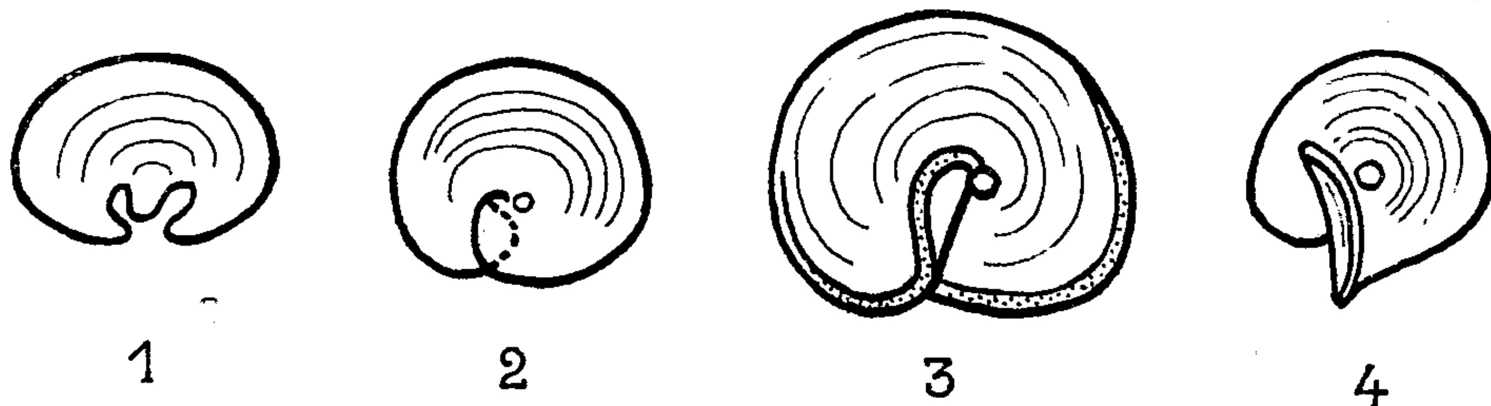
Le n° 2, du Calcaire grossier de Grignon, paraît être une exagération du cas qui précède;

les lobes des loges semi-annulaires se sont développés de manière à chevaucher, ce qui les a amenés à s'accroître dans des plans différents.

L'échantillon 3, également de Grignon, encore plus compliqué, présente sur ses deux faces un segment d'Orbitolite subperpendiculaire à l'ensemble discoïde de la coquille. La structure de ces segments est normale et les bords périphériques sont en continuité avec ceux du disque dont ils ont les perforations marginales.

Cette disposition correspond à un relèvement sur chaque face de la coquille des lobes du n° 2, une sécrétion de calcaire par le protoplasme ayant ensuite soudé les lobes suivant leur ligne de rebroussement, la structure étant confuse au point de soudure.

Chez l'individu 4 de Bois-Gouët, il y a accentuation du développement ci-dessus et rabattement en arrière du lobe relevé.



Individus aberrants d'*Orbitolites complanatus* Lamarck.
1, Lutétien supérieur de Bois-Gouët, taille 3^{mm}; 2, Lutétien de Grignon, taille 8^{mm}; 3, Lutétien de Grignon, taille $11^{mm},5$; 4, Lutétien de Bois-Gouët, taille 4^{mm}.

L'interprétation de ces individus aberrants, qui ne paraissent pas avoir été gênés dans leur croissance, semble devoir être recherchée dans un défaut du développement cyclostègue, ou plutôt dans un développement cyclostègue incomplet qui peut être considéré comme un rappel d'un stade ancestral *Peneroplis*.

On sait que dans les Orbitolites le stade Peneroplidé est très réduit ou nul et que les loges annulaires se disposent tout de suite autour de l'embryon, sans phase spiralée. Chez les échantillons étudiés, le développement annulaire des loges ne s'est pas réalisé et ils ressortissent à un stade *Peneroplis* à lobes enveloppants où la phase spiralée est nulle. Cela est d'une grande netteté sur l'échantillon 1, et à travers 2 on passe aux formes les plus compliquées. Il faut ajouter que ces malformations qui ne paraissent pas avoir été signalées et qui, au point de vue évolutif, semblent pouvoir être considérées comme régressives, sont rares.

BOTANIQUE. — *Sur le mode de dorsiventralité présenté par les sarments de la Vigne* (Vitis vinifera *L.*). Note (*) de M. **François Bugnon**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Le mode apotrope de dorsiventralité, très rarement observé jusqu'ici chez les Végétaux, est décrit dans les sarments de la Vigne et représenté par un diagramme; c'est apparemment le premier cas signalé pour des rameaux végétatifs.

Dans des Notes antérieures ([1]), consacrées surtout à l'interprétation des grappes et des vrilles de la Vigne, nous avons eu l'occasion de souligner le caractère dorsiventral de l'organisation d'ensemble du sarment. Or, chez les Végétaux, la dorsiventralité peut se présenter suivant divers modes; celui qui est réalisé dans le sarment de la Vigne mérite tout particulièrement d'être mis en relief.

Pour appliquer la notion de dorsiventralité aux feuilles et à leurs bourgeons axillaires, végétatifs ou floraux, on l'a rapportée à son origine anthropomorphique, ce qui implique, pour les deux faces opposées, l'équivalence des termes *ventrale* et *antérieure*, *dorsale* et *postérieure*. Mais, en faisant nécessairement abstraction de la nature des organes dissemblables des deux faces opposées chez l'homme, il a fallu recourir à des conventions pour pouvoir qualifier de ventrale ou de dorsale les faces considérées; les conventions adoptées ([2]) peuvent se définir aisément en imaginant un observateur placé suivant la nervure médiane d'une feuille, celle-ci étant dressée contre la tige, comme elle l'est dans le bourgeon terminal; la tête de l'observateur est vers le sommet de la feuille, ses pieds sont vers la base foliaire et il regarde la tige. Pour la feuille, qui présente d'habitude une forme nettement bifaciale et une dissemblance organique accusée entre ses deux faces, les faces ventrale ou antérieure, dorsale ou postérieure, correspondent à celles de l'observateur. Pour le bourgeon axillaire, on désigne comme face antérieure celle qui est en avant par rapport à l'observateur, donc du côté de la feuille axillante, et par suite comme face postérieure celle qui est du côté de la tige-support; si l'organisation du bourgeon est dorsiventrale, les faces antérieure et postérieure seront dites respectivement ventrale et dorsale.

Dans une tige feuillée ramifiée comme le sarment de la Vigne, à phyllotaxie alternedistique dans la région végétative, à plans phyllotaxiques décussés pour les rameaux d'ordres successifs N, N + 1, N + 2, ... (*fig.*), la dissemblance organique des deux faces d'un bourgeon axillaire, tel que celui d'ordre N + 2 par exemple, formé dans l'aisselle de la préfeuille α_1 du bourgeon d'ordre N + 1, peut tenir en particulier à ce qu'on trouve toujours sur la même face la préfeuille α_3 de tous les bourgeons axillaires d'ordre N + 3. Il en ressort immédiatement que deux modalités sont possibles pour cette dorsiventralité : toutes les préfeuilles considérées peuvent être soit, ainsi qu'on l'a figuré dans le diagramme, du côté de la feuille axillante, donc sur la face ventrale V_{N+2} du rameau N + 2 (mode *apotrope*), soit du côté de l'axe d'ordre N + 1, donc sur la face dorsale D_{N+2} du rameau

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 770, 937, 1349 et 1967.

([2]) *Voir* par exemple : Ph. van Tieghem, *Traité de botanique* 2e éd., 1891, p. 282 et 360.

([3]) *Vergl. Morph. d. höh. Pfl.*, **1**, 1re Partie, 1937, p. 335.

(mode *épitrope*). Troll, qui a défini ces deux modes de dorsiventralité et qui en a donné des diagrammes comparatifs ([3]), note que c'est le mode épitrope qui se présente très généralement; il ne peut citer, comme exemples du mode apotrope, que les rares cas décrits par Wagner pour des inflorescences (en 1931, chez une Turnéracée, *Piriqueta sidifolia;* en 1933, chez quelques espèces du genre *Acantholimon*, des Plumbaginacées).

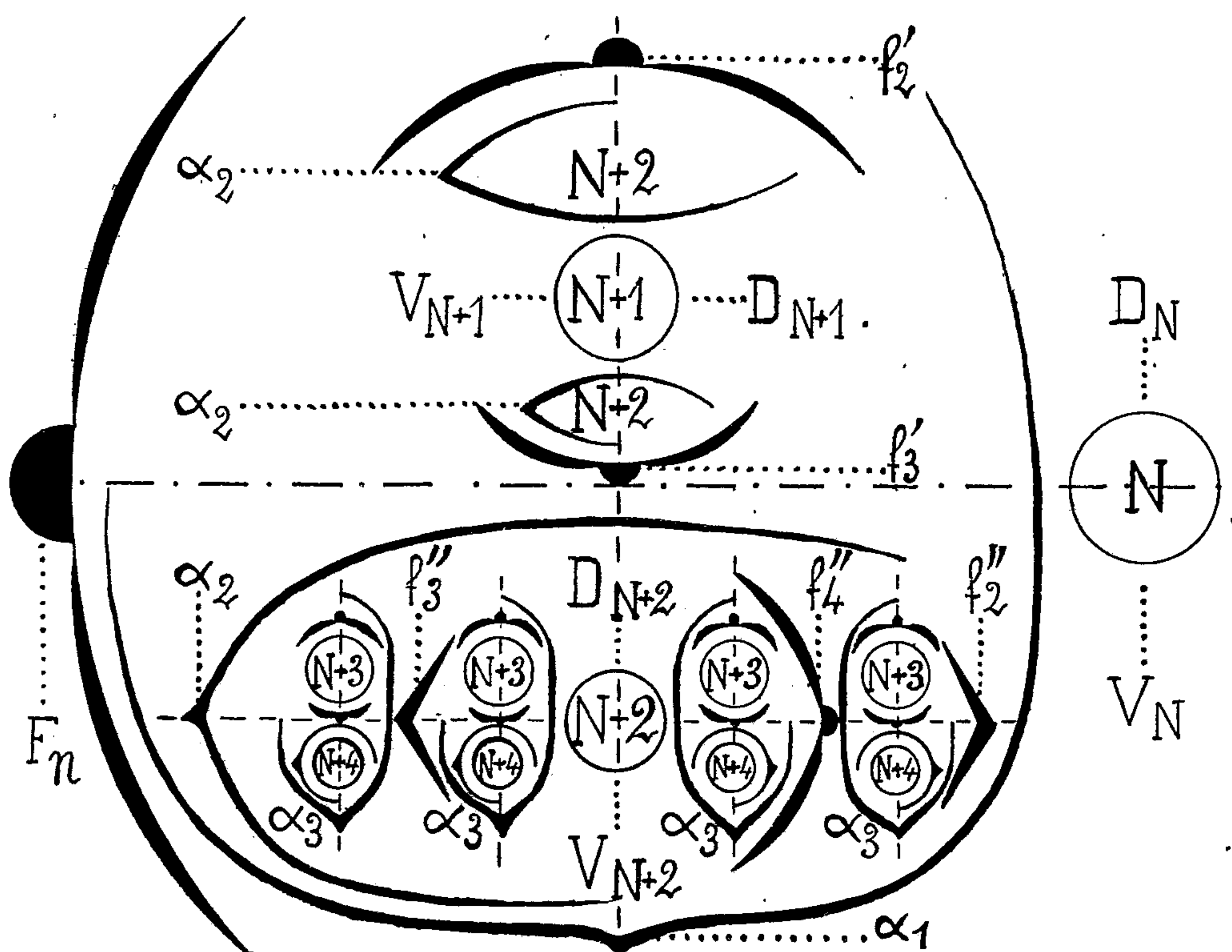


Diagramme d'un sarment de Vigne, à dorsiventralité apotrope. Pour le sarment d'ordre N, on n'a figuré que la feuille F_n et son bourgeon axillaire, d'ordre N + 1, à plan phyllotaxique perpendiculaire à celui de N; pour le bourgeon N + 1, on a figuré sa préfeuille α_1 et deux feuilles végétatives, f'_2, f'_3; on n'a figuré que la préfeuille α_2 des bourgeons axillaires d'ordre N + 2 des feuilles f'_2, f'_3; les trois préfeuilles α_2 sont du côté de la feuille axillante F_n, donc du côté ventral ou antérieur V_{N+1} du bourgeon N + 1; pour le bourgeon axillaire de la préfeuille α_1 (bourgeon dormant, futur sarment N + 2, à plan phyllotaxique parallèle à celui du sarment N), on a figuré la préfeuille α_2 et trois feuilles suivantes : f''_2 et f''_3, feuilles écailles et f''_4, feuille végétative; par son développement précoce et puissant, ce bourgeon N + 2 a rejeté du côté dorsal D_N du sarment N le reste du bourgeon N + 1 (prompt bourgeon, futur rameau estival). Les préfeuilles α_3 des bourgeons N + 3 et leurs bourgeons axillaires N + 4 (futurs sarments N + 4) sont du côté ventral V_{N+2}, le reste des bourgeons N + 3 étant de même rejeté du côté dorsal D_{N+2}.

Or, c'est précisément ce mode de dorsiventralité qui existe dans les sarments de la Vigne, laquelle fournit sans doute ainsi le premier exemple reconnu de dorsiventralité apotrope pour des rameaux végétatifs.

La décussation des plans phyllotaxiques des rameaux d'ordres successifs a pour conséquence que si un sarment d'ordre N a son plan phyllotaxique horizontal, et par suite ses deux faces en position supérieure et inférieure, tous

les rameaux d'ordre impair ($N+1$, $N+3$, ...) auront leur plan phyllotaxique vertical et leurs faces seront en position latérale, droite et gauche; mais tous les rameaux d'ordre pair ($N+2$, $N+4$, ...), qui constituent les sarments successifs, auront leur plan phyllotaxique horizontal : la similitude de leur organisation dorsiventrale et de leur apotropie fait que toutes leurs faces ventrales se trouvent du même côté. Quand l'ensemble s'allonge sur le sol, faute de support, ce sont ces faces ventrales (V_N, V_{N+2}, ...) qui s'appliquent sur le sol et deviennent faces inférieures.

ENZYMOLOGIE. — *Sur la mise en évidence de l'allantoïcase chez les êtres vivants (Végétaux)*. Note de Mme **Geneviève Brunel-Capelle**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons montré dans une Note antérieure (1) que l'existence chez les Animaux d'un processus enzymatique de transformation de l'acide glyoxylique pouvait amener une cause importante d'erreur dans la recherche de l'allantoïcase. Cet inconvénient peut être évité en ajoutant au milieu, pour bloquer la fonction aldéhydique de l'acide glyoxylique engendré, trois fois la quantité théorique de chlorhydrate de phénylhydrazine nécessaire à l'obtention de la phénylhydrazone glyoxylique.

Le problème de la recherche de l'allantoïcase chez les Végétaux se pose d'une manière identique. Ainsi, si l'on fait agir à pH 7,3 et à 39° sur une solution M/500 d'allantoate de potassium, en l'absence et en présence de phénylhydrazine, le mycélium de *Sterigmatocystis nigra* Cram. cultivé sur acide urique comme source d'azote, on obtient les résultats indiqués dans le tableau ci-après :

Temps en heures.	Acide glyoxylique trouvé pour 1000 cm³.			
	Exprimé en acide glyoxylique.		Exprimé en acide allantoïque.	
	En l'absence de phénylhydrazine.	En présence de phénylhydrazine.	En l'absence de phénylhydrazine.	En présence de phénylhydrazine.
	mg	mg	mg	mg
1..........	10,0	23,6	23,7	55,9
3..........	6,4	29,6	15,1	70,1
5..........	1,4	25,4	3,3	60,2

On remarque encore ici le rôle essentiel que joue la phénylhydrazine dans la caractérisation de l'enzyme allantoïcase; à la concentration retenue, la phénylhydrazine ne présente d'ailleurs pratiquement pas d'effet inhibiteur sur le catalyseur biochimique.

Au cours de recherches portant sur des espèces de la famille des

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1979.

Légumineuses, nous avons été amenée à constater que certaines d'entre elles possédaient, ainsi que le *Sterigmatocystis nigra* et les espèces animales déjà étudiées, la propriété de transformer l'acide glyoxylique.

Espèces.	Transformation de l'acide glyoxylique par			
	fleurs entières.	fruits jeunes.	graines non mûres.	gousses.
	Mimosoïdées.			
Enterolobium cyclocarpum Gris.....	++++		(*)	+++
Acacia Farnesiana Willd...........		+++	++	+++
Pithecolobium dulce Benth.........	+	traces	++++	
Albizzia Lebbek Benth.............	++		++	
Leucaena glauca Benth.............	+	+	++++	
Adenanthera pavonina L............	+ faible	+ faible	+++	
Mimosa pudica L..................	+		++++	
Desmanthus virgatus Willd.........	—	—	—	
	Caesalpinioïdées.			
Cassia siamea Lamk...............	++++	++++	++++	
Caesalpinia Sappan L.............	++++	++++	++++	
Caesalpinia pulcherrima Sw........	+		traces	
Caesalpinia minax Hance...........	—		—	
Mezoneuron pubescens Desf.........	—	++++	++++	++++
Poinciania regia Bojer ex DC.......	+		++	
	Papilionées.			
Sesbania grandiflora Pers..........	—	++	++++	+
Sesbania cannabina Pers...........	+++	+++	+++	
Phaseolus calcaratus Roxb..........	++	+++	++	
Tephrosia purpurea Pers...........	+++	+	+	
Mucuna pruriens DC...............	++++		++++	—
Indigofera hirsuta L...............	+	++		
Indigofera endecaphylla Jacq.......	—	traces		
Crotalaria striata DC.............	—	—	—	—
Crotalaria anagyroides H. B. et K...	—	+ faible	+ faible	
Crotalaria usaramoensis E. G. Baker.	—		+	

(*) Cotylédons ++, enveloppes de graines ++, embryons +++++.

Dans le cas du *Sterigmatocystis nigra* et des embryons d'*Enterolobium cyclocarpum* la transformation de l'acide glyoxylique est d'origine enzymatique : elle n'apparaît plus lorsque la macération à été portée 30 minutes à 100°. Par contre, les essais effectués sur les graines non mûres privées de téguments de *Leucaena glauca* et sur les graines non mûres et les gousses de *Mezoneuron pubescens* montrent que la transformation n'est pas d'ordre enzymatique : elle s'effectue de façon analogue avec la macération portée ou non à 100°. Enfin,

chez *Acacia Farnesiana* (graines non mûres), les deux types de réaction coexistent.

Chez les Animaux comme chez les Végétaux, on constate l'existence d'un processus enzymatique de transformation de l'acide glyoxylique. Toutefois, chez les Végétaux, le processus vient se compliquer par l'intervention de catalyseurs thermostables capables de provoquer le même phénomène.

ALGOLOGIE. — *Sur la sécrétion, par certaines Cyanophytes, de substances algostatiques dans les collections d'eau naturelles.* Note de M. **Marcel Lefèvre**, Mlles **Hedwig Jakob** et **Maud Nisbet**, présentée par M. Roger Heim.

L'inhibition des Algues accompagnant une espèce algale largement dominante dans une collection d'eau naturelle n'est pas le résultat d'une concurrence nutritive. Cette inhibition est due à la sécrétion, par l'Algue dominante, de substances actives algostatiques.

Lorsque, dans une collection d'eau naturelle, une espèce d'Algue planctonique se multiplie en abondance au point de pouvoir parfois former fleur d'eau, on remarque que la plupart des autres espèces cohabitant avec cette Algue se raréfient à l'extrême et ne sont plus représentées que par un nombre infime d'individus.

On attribuait simplement ces faits à un phénomène de *concurrence vitale* en sous-entendant surtout une concurrence d'ordre alimentaire dont on ignorait le mécanisme.

Nos recherches sur les compatibilités et antagonismes entre Algues nous ont incités à envisager la question sous un angle tout à fait différent, celui de la sécrétion par l'Algue devenue dominante de substances algostatiques inhibant la multiplicité des autres espèces présentes dans la même collection d'eau. Voici le résultat de nos observations et essais :

En octobre 1949, les canaux du Parc présidentiel de Rambouillet (13^{ha}) étaient envahis par une Cyanophyte planctonique : *Aphanizomenon gracile* Lemm. On notait la présence de plusieurs milliers de trichomes au centimètre cube. Les Algues d'accompagnement étaient extrêmement rares.

Un prélèvement de l'eau des canaux fut alors filtré et le filtrat réparti dans des boîtes de Pétri.

Les canaux sont alimentés par des sources provenant d'une nappe peu profonde. Une certaine quantité d'eau de cette nappe, prise à proximité immédiate des canaux, fut également répartie dans des boîtes de Pétri devant servir de témoins. Différentes Algues de divers groupes provenant de nos souches de laboratoire furent ensemencées dans les deux séries de boîtes. Les résultats obtenus furent les suivants :

Témoins. — Toutes les Algues ensemencées se sont parfaitement multipliées.

Eau des canaux. — Arrêt de multiplication complet, puis, parfois, destruction de : *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Pediastrum clathratum* var. *punctulatum* Lemm., *Cosmarium lundellii* Delp., *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gomont.

Action encore énergique mais moins marquée sur *Micrasterias papillifera* Breb.

En avril 1950, *Aphanizomenon gracile* Lemm, avait fait place dans les canaux à *Oscillatoria planctonica* Woloszinska qui s'y était multipliée avec autant d'intensité. Nous avons alors répété l'expérience faite avec *Aph. gracile* et avons obtenu des résultats identiques : témoins excellents; arrêt de multiplication ou destruction, par l'eau des canaux, de *Pediastrum boryanum*, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., *Chlorella pyrenoidosa* Chick., *Cosmarium lundellii*, *Cosmarium obtusatum* Schmidle, *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gomont, *Phormidium autumnale* (Agardh) Gomont. Action moins marquée sur *Micrasterias papillifera* Breb.

Une pêche planctonique faite dans les canaux à cette époque montra qu'*Oscillatoria planctonica* constituait à elle seule environ 999/1 000 du volume total phytoplanctonique, les autres Algues : Protococcales, Diatomées etc., n'étant représentées que par un nombre infime d'individus.

Des analyses chimiques de l'eau des canaux montrèrent que la raréfaction de ces Algues n'était pas causée par un manque de sels nutritifs. Elle contenait en effet, à ce moment, par litre : 3^{mg} de nitrates et $0^{mg},2$ de phosphates, quantités largement suffisantes pour permettre une excellente multiplication.

La raréfaction ne pouvait du reste pas provenir d'une carence en sels minéraux ni en oligoéléments, l'abondance des sources qui alimentent les canaux étant suffisante pour renouveler la totalité de la masse d'eau en une quinzaine de jours et leur richesse en sels minéraux étant fort grande (résidu sec à 180° : 680 mg/l environ).

Nous avons abandonné à elle-même, à la lumière pendant plusieurs semaines, une récolte d'eau des canaux renfermant en abondance *Oscillatoria planctonica* et quelques rares Algues d'accompagnement. Dès que les *Oscillatoria* furent mortes ce qui arrêta la sécrétion de substances actives, dès que les substances actives contenues dans la récolte furent détruites, les Algues d'accompagnement se multiplièrent très rapidement.

Nous avons eu la chance d'obtenir confirmation de ce fait dans les canaux mêmes. Au 5 juin les *Oscillatoria* ayant presque complètement disparu de la pièce d'eau, toutes les espèces d'accompagnement primitivement inhibées sont entrées en rapide multiplication et le plancton renferme maintenant en abondance Protococcales, Diatomées, Volvocales et quelques Péridiniens.

Enfin, l'expérience nous a montré que, dans une eau d'étang normale, c'est-à-dire dans laquelle aucune prolifération massive d'une seule espèce d'Algue ne s'était produite, la multiplication des Algues provenant des souches de laboratoire s'opérait parfaitement.

MYCOLOGIE. — *Note préliminaire sur le comportement nucléaire du mycélium monosperme des Homobasidiés*. Note de M. **Yen Hsun Chu**, présentée par M. Roger Heim.

Dénombrement des noyaux dans les divers articles du mycélium monosperme de 18 Polypores et de 73 Agarics. Comparaison entre le comportement nucléaire du tube germinatif et celui du mycélium monosperme chez les mêmes espèces.

Chez quelques espèces, le mycélium monosperme que nous avons étudié présente les mêmes caractères reconnus par M. R. Kühner au mycélium obtenu à la suite d'une bouture ou d'un semis polysperme. Cette similitude correspond à l'homothallie chez *Clitocybe* (*Clitopilopsis*) *hirneola* Fr. dont la spore binucléée donne un tube germinatif et un mycélium à articles le plus souvent binucléés, parfois à trois noyaux. Il est difficile d'affirmer qu'il en est de même pour *Phæolus Schweinitzii* (Fr.), *Xanthochrous radiatus* (Sow.), *Poria reticulata* (Fr.), *Galera clavata* Velen. et *Bolbitius vitellinus* (Pers.), dont les articles terminaux de tous les mycéliums, quelle qu'en soit l'origine, sont cénocytiques. Par contre, dans les espèces suivantes, le mycélium monosperme est un mycélium primaire, car il est bien différent du polysperme.

I. Polypores. — 1° Espèces à spore uninucléée donnant un mycélium primaire à articles tous uninucléés : *Melanopus varius* (Fr.), *Spongipellis borealis* (Wahl.), *Coriolus hirsutus* (Wulf.), *versicolor* (L.), *Trametes quercina* (L.), *Daedalea biennis* (Bull.), *Lenzites flaccida* (Bull.) et *Ungulina marginata* (Fr.).

2° Espèces à spore uninucléée donnant un mycélium monosperme à articles cénocytiques : *Melanopus Forquignonii* (Quél.), *Leptoporus albidus* (Schæf.), *lacteus* (Fr.).

3° Espèces à spore binucléée donnant un mycélium monosperme à articles cénocytiques : *Coriolus unicolor* (Bull.), *Lenzites sepiaria* (Wulf.), *Trametes cervina* (Schw.), *Trogii* Bk.

II. Agarics. — A. *Leucosporés*. — 1° Espèces à spore uninucléée donnant un mycélium monosperme à articles tous uninucléés : *Panus torulosus* (Pers.), *Panellus violaceofulvus* (Batsch), *Lentinellus ursinus* (Fr.), *Pleurotus applicatus* Batsch, *candidissimus* B. et C., *Xeromphalina campanella* (Batsch), *Marasmius alliaceus* Jacq., *androsaceus* L., *epiphyllus* Pers., *oreades* Bolt., *ramealis* Bull., *rotula* Scop., *scorodonius* Fr., *Crinipellis stipitarius* (Fr.), *Mycena amicta* Fr., *citrinomarginata* Gillet, *crocata* Schrad., *elegans* Pers., *flavipes* Pers., *flavoalba* Fr., *floridula* Fr., *hæmatopus* Pers., *Langei* Maire, *olivascens* Quél., *sanguinolenta* Alb. et Schw., *vitrea* Fr., *xantholeuca* Kühner, *Collybia butyracea* Bull., *platyphylla* Pers., *pseudoclusilis* Konrad et Joss., *Rhodocybe striatula* Kühner, *Omphalia chrysophylla* Fr., *maura* Fr., *Tephrophana atrata* (Fr.), *inolens* (Fr.),

mephitica (ss Boud.), *rancida* (Fr.), *Clitocybe dicolor* Pers., *nebularis* Batsch, *pithyophila* Secr., *viridis* Scop., *Ripartites Tricholoma* (Alb. et Schw.), *Aspropaxillus giganteus* (Sow.), *Armillariella mellea* Vahl.

2° Espèces à spore binucléée donnant un mycélium monosperme à articles plus ou moins cénocytiques : *Tephrophana tesquorum* (ss Lange), dont les articles terminaux peuvent renfermer jusqu'à une dizaine de noyaux ; *Clitocybe cyathiformis* Fr., articles contenant de 1 à 4 noyaux; *Clit. obbata* Fr., articles terminaux pouvant renfermer jusqu'à 14 noyaux.

B. *Chromosporés*. — 1° Espèces à spore binucléée donnant un mycélium monosperme à articles uninucléés : *Tubaria autochtona* Bk. et Br., *pellucida* Bull., *Galera sideroides* Bull., *Drosophila* (*Hypholoma*) *hydrophila* Bull.

2° Espèces à spore binucléée donnant un mycélium à articles cénocytiques : *Galera* (*Pholiota*) *marginata* Batsch, *sphagnorum* Pers., *Hebeloma sinapizans* Paul., *truncatum* ss Lange, *Pholiota mutabilis* Schaef., *Fulvidula hybrida* (Fr.), *Flammula lutaria* Maire, *spumosa* Fr., *Nematoloma capnoides* (Fr.), *fasciculare* (Huds.), *sublateritium* (Schaef.), *Psilocybe coprophila* (Bull.), *semilanceata* Fr., *Panaeolus separatus* (L.), *subbalteatus* B. et Br., *Coprinus* cf. *Friesii* Quél., *plagioporus* Romagn., *plicatilis* Curt.

Ces nouveaux résultats confirment ceux consignés dans notre Thèse. Le mycélium monosperme de 66 sur 70 Agarics leucosporés étudiés est à articles uninucléés; *Panellus mitis* Pers., *Tephrophana tesquorum*, *Clitocybe cyathiformis* et *obbata* font seuls exception et encore les trois dernières espèces sont à spore binucléée. Le mycélium monosperme de 49 sur 60 Agarics chromosporés est à articles terminaux cénocytiques.

La comparaison des résultats consignés ci-dessus avec ceux publiés dans une Note précédente [1] conduit nettement à la conclusion que le comportement nucléaire du mycélium monosperme déjà très développé concorde avec celui du tube germinatif à de rares exceptions près. Chez *Melanopus Forquignonii*, dont les germinations ont très souvent des articles uninucléés, le mycélium monosperme est franchement cénocytique, ses articles terminaux pouvant contenir 5-9 noyaux. Chez *Drosophila hydrophila* on observe un comportement inverse.

Chez les Polypores à articles terminaux très cénocytiques, tels que *Lenzites sepiaria*, *Phæolus Schweinitzii*, *Xanthochrous radiatus* et *Poria reticulata*, les articles subterminaux renferment également un grand nombre de noyaux. Nous n'avons vu qu'un seul Agaric, *Bolbitius vitellinus*, se comporter de la même manière. Chez les autres Polypores et Agarics à articles terminaux cénocytiques étudiés par nous, les articles subterminaux sont souvent binucléés ou plus rarement à un seul noyau.

---

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1689.

CYTOCHIMIE. — *Influence de l'aliment azoté sur la cytochimie de la croissance chez* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Jacques Gayet**, présentée par M. Roger Heim.

Dans un travail précédent (1) nous avons pu localiser et suivre l'évolution des acides désoxyribonucléique (noyaux) et ribonucléiques (cytoplasme et nucléoles) ainsi que des polymétaphosphates (corpuscules métachromatiques) à l'intérieur des tissus de *Sterigmatocystis nigra*, au cours de sa croissance sur milieu nutritif équilibré en présence d'azote ammoniacal.

Cette étude est reprise sur ce microorganisme en pratiquant des cultures dans les mêmes conditions expérimentales, mais en présence d'azote nitrique (nitrate de potassium).

Au début du développement le mycélium est formé de filaments à basophilie homogène, à membranes minces, à cytoplasme peu abondant et à vacuome développé. La pyronine colore assez fortement ce cytoplasme qui possède une structure granulaire. L'acide désoxyribonucléique est localisé dans des noyaux très peu nombreux, petits (diamètre de $0^{\mu},15$ environ), n'offrant pas de figures de division et dont le nucléole est extrêmement réduit. La majorité des filaments, ainsi que des conidiophores et des phialides déjà bien développés, possèdent un vacuome rempli de corpuscules métachromatiques.

A la sporulation le mycélium, dont l'épaisseur n'a pas varié sensiblement, offre une structure semblable à celle d'un mycélium à croissance active sur milieu ammoniacal, mais avec une amplification en ce qui concerne les différents détails cytochimiques. La zone supérieure aérienne, très fortement basophile, est formée de filaments à cytoplasme dense de structure granulo-fibrillaire et à vacuome très réduit. La zone inférieure immergée, moins basophile mais à structure cytoplasmique identique, possède un vacuome plus développé. Les noyaux sont très nombreux dans tout l'ensemble du mycélium, leur diamètre atteint $0^{\mu},30$, beaucoup sont en division et leur nucléole est énorme ($0^{\mu},10$ à $0^{\mu},15$). Nombreux se montrent les appareils reproducteurs à basophilie et à métachromasie très intenses.

A la sporulation active le mycélium, très épaissi, montre une basophilie uniforme, ses filaments offrent des membranes très développées, le cytoplasme étant rejeté le long des parois cellulaires par suite du vacuome qui devient prépondérant. Les noyaux sont disséminés dans l'ensemble des tissus, leur volume n'ayant pas varié, mais ils possèdent un nucléole très petit puisque le diamètre moyen tombe au dessous de $0^{\mu},05$. Les appareils reproducteurs en très grand nombre possèdent toujours les mêmes caractères cytochimiques qu'aux stades précédents.

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1972.

Ces résultats sont en complet accord avec ceux fournis par l'analyse biochimique (2), notamment en ce qui concerne le comportement de l'acide ribonucléique cytoplasmique et des polymétaphosphates, particulièrement au début du développement : l'accumulation de ces deux composés phosphorés montre que leur synthèse est totalement indépendante de l'intensité des divisions nucléaires. Cette importante constatation rejoint les points de vue émis par Jeener et Brachet (acide ribonucléique) (3) et par Wiame (polymétaphosphates) (4) suivant lesquels il existerait une relation entre ces deux composés et les processus desmolytiques liés aux phénomènes d'oxydo-réduction. D'autre part, nous avons déjà montré le rôle joué par la ribonucléoprotéine cytoplasmique dans les processus de synthèse des enzymes de constitution du microorganisme (5), sans toutefois faire intervenir dans ces processus les polymétaphosphoprotéines. N'y aurait-il pas une relation entre l'intensité de cette synthèse et l'accumulation de ces deux composés dont le caractère commun est le substrat protéique? Ce dernier argument devra être, pour nous, le point de départ d'hypothèses de travail intéressantes.

L'acide ribonucléique des nucléoles représente, ici encore, une substance de réserve dont la synthèse est liée étroitement à celle de l'acide désoxyribonucléique nucléaire.

PHYSIOLOGIE. — *Musculature extrinsèque et équilibre des Poissons.* Note (*) de M. **Jean Baron**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Après section bilatérale totale des muscles moteurs oculaires des Poissons et réimposition des globes oculaires en hyperconvergence, ou après déviation du globe par section des muscles moteurs oculaires antagonistes, on obtient des modifications de l'équilibre, soit à l'état statique, soit à l'état dynamique.

Au cours de recherches antérieures (1) sur les relations entre l'oreille interne et la musculature extrinsèque du globe oculaire, j'ai montré qu'il existait un rapport entre l'équilibre et l'existence d'une diplopie d'origine vestibulaire. L'examen de 35 sujets humains a mis en évidence, après irritation vestibulaire, des troubles de la convergence et de la divergence des globes oculaires associés

---

(2) J. Gayet, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **31**, 1949, p. 1046; et *Thèse Doct. Sc. nat.*, 1949, Strasbourg.

(3) *Enzymologia*, **11**, 1944, p. 222.

(4) *Biochim. Biophys. Acta*, **1**, 1947, p. 234, et *J. biol. Chem.* **178**, 1949, p. 919.

(5) R. Bonnet et J. Gayet, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 415.

(*) Séance du 5 juin 1950.

(1) J. Baron. *Diplopie d'origine vestibulaire.* Thèse Faculté de médecine de Paris, 18 mars 1948, et P. Desvignes et J. Baron, *Revue d'oto-neuro-Opht.*, **20**, 1948, p. 379.

à des vertiges. Les vertiges disparaissaient quand on supprimait la diplopie par le port de verres prismatiques.

Ces constatations m'ont amené à étudier l'action des muscles moteurs oculaires sur l'équilibre. Dans une première série d'observations, qui s'étendra ultérieurement à l'ensemble des Vertébrés, j'ai choisi les Poissons en raison de leur possibilité d'effectuer des déplacements dans les trois dimensions de l'espace et de permettre de déceler plus facilement les troubles de l'équilibre.

L'ensemble des observations a porté sur 40 sujets, soit 10 Carassins (*Carassius auratus* L.), 12 Carpes (*Cyprinus carpio* L.), 12 Gardons (*Gardonus rutilus* L.), 6 Perches soleil (*Eupomotis gibbosus* L.).

D'une part, j'ai réalisé des hyperconvergences par deux procédés :

1° par ténotomie bilatérale des abducteurs (droit externe, grand oblique et petit oblique);

2° par ténotomie bilatérale et totale et réimposition du globe oculaire en hyperconvergence.

J'ai réalisé, d'autre part, des déplacements symétriques des deux globes oculaires en coupant les muscles ou groupes de muscles antagonistes (par exemple section du droit supérieur droit et du droit inférieur gauche, abducteurs droits et abducteurs gauches).

Dans tous les cas, j'ai obtenu deux résultats, l'un statique, l'autre dynamique.

Le premier se manifeste par une incurvation latérale du corps du Poisson, une inclinaison de l'axe transversal, et une angulation de 30 à 40° de l'axe antéro-postérieur avec le fond de l'aquarium. D'autre part, il existe une parésie de la dorsale, des pectorales et des ventrales du côté opposé à la concavité de l'incurvation, ainsi qu'une parésie de la moitié inférieure de la caudale.

Le second se manifeste par des mouvements circulaires et des mouvements en spirale. Les mouvements des nageoires pectorales et ventrales du côté opposé à la rotation sont plus lents. L'amplitude et la vitesse des mouvements rotatoires sont variables avec les espèces, et avec les individus d'une même espèce; entre autres exemples, je cite le cas d'un Gardon qui effectuait 20 tours de 20^{cm} de diamètre à la minute. Ces mouvements étaient déclenchés par une excitation mécanique directe, ou une excitation lumineuse ou une excitation vibratoire. Entre les périodes giratoires s'intercalent des périodes de repos où l'animal prend les attitudes décrites dans l'énumération des résultats statiques. La durée de ce phénomène semble illimitée. Il s'y associe des déviations morphologiques secondaires touchant principalement la colonne vertébrale qui s'incurve dans les sens de la rotation ([2]).

([2]) Il y a dans cette manifestation une analogie avec la courbure compensatrice réalisée chez l'Homme atteint de diplopie et connue sous le nom de torticolis oculaire.

L'ablation du segment antérieur, du corps vitré et de la rétine, unilatéralement ou bilatéralement, rend au Poisson son attitude normale, après un laps de temps qui dépend de la durée de la période pendant laquelle il a effectué les mouvements de rotation.

On provoque le même résultat par la ténotomie bilatérale totale, sans modifier l'orientation du globe oculaire et sans toucher au nerf optique.

Des expériences qui précèdent, il résulte qu'il existe un rapport entre l'équilibre, la musculature extrinsèque et les voies optiques, dont je préciserai ultérieurement les relations. Il apparaît déjà de façon certaine que les muscles adducteurs et abducteurs agissent comme un couple compensateur qui domine l'attitude du Poisson.

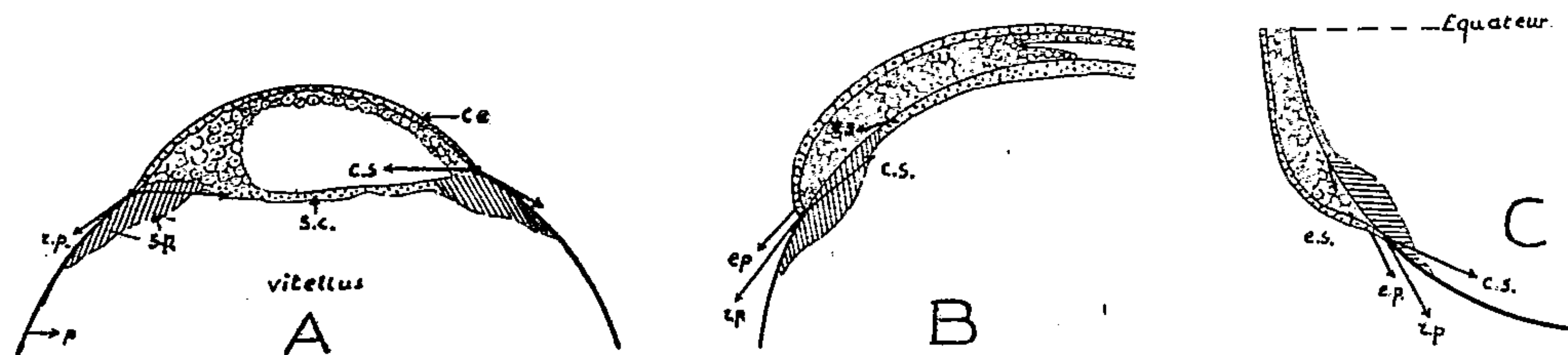
EMBRYOLOGIE. — *Mécanisme de l'épibolie gastruléenne.*
Note de M. **Charles Devillers**, présentée par M. Louis Fage.

Au seuil de la gastrulation l'œuf de Truite (*Salmoirideus*) se présente comme un système où deux groupes de forces, siégeant dans deux ensembles de structures histologiques, s'équilibrent mutuellement. Le premier ensemble structural, superficiel, se compose du disque embryonnaire (et plus précisément de sa couche enveloppante) (c. e.) en continuité avec la pellicule périvitelline (p.). Cette dernière, distendue par le vitellus, tend à se rétracter, donc à étaler le germe qui résiste passivement. Le second ensemble, profond, correspond aux syncytium (périblastes) périphérique (s. p.) et central (s. c.) qui se rattachent à l'ensemble superficiel par le syncytium périphérique soudé à la pellicule et à la face inférieure du germe; il s'agit là de liaisons labiles, non de continuités. Le syncytium périphérique se comporte comme un anneau élastique tendant à se refermer en direction du pôle supérieur de l'œuf, en entraînant avec lui le disque embryonnaire. Mais à cette contraction (c. s.) s'opposent la force de distension pelliculaire, plus faible, et la résistance passive du disque. Le syncytium central, peu élastique, ne joue guère de rôle à ce stade.

L'étalement épibolique du disque embryonnaire résulte d'une rupture de cet équilibre non par affaiblissement des forces de direction centripète mais par accroissement des forces de direction centrifuge dû à l'apparition, dans la couche enveloppante et dans le syncytium central, de deux nouvelles forces d'extension, assez faibles (e.e-e.s.). La pression du liquide blastocelien assure au germe une rigidité suffisante pour lui permettre d'exercer sa poussée (e.e) malgré la minceur de ses parois. L'action conjuguée de ces forces distend l'anneau syncytial périphérique et le fait glisser sur la surface vitelline, comme un bracelet de caoutchouc forcé sur une sphère; il tend donc à s'opposer au mouvement épibolique jusqu'à ce que le bord du germe ait dépassé le niveau de l'équateur; alors l'anneau syncytial est entraîné par sa propre force de

contraction vers le pôle inférieur de l'œuf et par ce mouvement renforce celui du système disque-pellicule.

Le principal moteur de l'épibolie réside dans le groupe germe-pellicule, cette dernière travaillant par rétraction ou par contraction active (?) pour distendre le blastodisque. Le groupe syncytial ne constitue qu'une force adjuvante, non indispensable, puisque l'épibolie peut s'effectuer en l'absence de mouvements syncytiaux.



Ces données expliquent l'exogastrulation provoquée par les détergents ou par les solutions hypertoniques. Ces milieux, liquéfiant les revêtements cellulaires ([1]), affaiblissent la contraction de la pellicule et l'expansion de la couche enveloppante, tandis qu'elles n'influencent pas la contraction du syncytium périphérique, protégé par la surface ovulaire, imperméable. L'équilibre se trouve renversé au profit du syncytium; il se contracte, entraînant vers le pôle supérieur le germe qui diminue de diamètre puis, si le traitement se prolonge, devient progressivement sphérique et finalement se détache du vitellus à la fermeture du syncytium. Sur un œuf où l'épibolie atteint l'équateur, les détergents et les solutions hypertoniques ne provoquent plus d'exogastrulation mais seulement un arrêt de l'épibolie car, à ce niveau, l'anneau syncytial ne peut plus remonter vers le pôle supérieur. Enfin lorsque l'épibolie dépasse l'équateur, les solutions n'agissent plus puisque la pellicule et le syncytium tirent dans le même sens; le traitement annule la traction pelliculaire, mais non celle du syncytium qui continue seul le mouvement.

ANTHROPOLOGIE. — *Nouvelles constatations sur le paléolithique inférieur de la grotte de Fontéchevade (Charente).* Note de Mlle **Germaine Henri-Martin**, présentée par M. Louis Fage.

Nous avons présenté l'industrie Tayacienne de Fontéchevade ([1]) et indiqué qu'elle était antérieure au Moustérien à tradition acheuléenne de la région

([1]) Devillers, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1310-1312 et 230, 1950, p. 471-472; *Ann. St. Centr. Hydrobiol. appl.*, 2, 1948, p. 229-249.

([1]) *Comptes rendus Inscriptions et Belles-Lettres*, 1949; *Bull. Société Préhistorique Française*, n°s 9-10, 1949.

dont nous avons retrouvé un horizon non remanié, immédiatement au-dessus du plancher stalagmitique. Jusqu'à présent, la limite inférieure n'est pas connue, le fond de la grotte n'ayant pas encore été atteint malgré un sondage qui descend à plus d'un mètre en-dessous du thalweg actuel du ruisseau. A ce jour, l'épaisseur de la couche du Paléolithique inférieur de Fontéchevade dépasse sept mètres.

Cependant, malgré l'absence de niveaux stériles intercalés, on constate un changement dans l'industrie qui, étant donné les caractères mixtes du Tayacien, jette une nouvelle lumière sur son origine.

A 2^m environ en profondeur, à partir de la surface de la couche Tayacienne, le sable argileux prend une teinte plus foncée et enrobe des rognons de silex arrachés aux parois et des fragments de calcaire à l'état pulvérulent dans la partie basse. En l'état actuel des déterminations, la faune ne semble pas montrer de variations fondamentales; notons cependant, que l'Ours devient subitement plus abondant sur une hauteur d'un mètre de couche, que l'on observe une plus grande fréquence du Daim et de la Tortue, et l'apparition d'un Castor de forte taille et d'une Perdrix méditerranéenne. Les traces de feu et d'habitat sont très nettes Dans l'industrie, on constate, à partir de ce niveau, un fait capital : la technique levalloisienne disparaît et l'élément clactonien subsiste seul. A mesure qu'il s'établit, les formes deviennent plus massives, la matière première n'est plus uniquement empruntée aux bancs de silex de la roche encaissante, mais les caractéristiques essentielles du Clactonien demeurent constantes. Il devient utile cependant de considérer cette industrie sous un nouvel et double aspect, c'est-à-dire non seulement comme une industrie à éclats mais comme relevant aussi du *chopping-tool tradition* à pseudo-bifaces.

Les nucléi de technique clactonienne sont de différents types à aspect grossier, taillés sur des fragments de nodules ou sur des nodules entiers, presque toujours avec réserve de cortex, et sinuosité du tranchant plus ou moins accentuée. Il devient pourtant évident qu'un grand nombre de ces pièces ne devaient pas être destinées à fournir des éclats, mais que leur épannelage de préparation avait pour but la fabrication de véritables outils, sortes de hachereaux, et la succession des bords libres des cuvettes a formé la partie active qui porte de multiples traces d'usage. Parfois, la percussion n'a intéressé qu'une face et l'on observe une suite de festons à rentrants anguleux, la plupart du temps très écrasés. Quand la pointe a été recherchée, il existe tous les types de transition, depuis le pic effilé jusqu'au burin polyédrique et le large biseau. Dans certains cas, une extrémité globuleuse a pu être arrondie en forme de masse par enlèvements centripètes, sur un nodule très allongé. A côté de cette importante catégorie, on retrouve les éclats de technique clactonienne; signalons que les grattoirs à coches concaves sont plus abondants s'apparentant à ceux trouvés à Clacton-on-Sea et que l'on

présume avoir été des outils à bois. L'industrie des galets de rivière et du quartz n'a pas changé de caractère et la présence en grande quantité de déchets de débitage témoigne toujours que Fontéchevade était un vaste atelier.

Le nombre des pièces recueillies dans ce nouvel horizon est de 2000 environ sur une épaisseur de plus de 2^m de couche.

Nous avons déjà dit que rien ne permet de supposer que l'apparition de la technique levalloisienne ne se soit pas produite sur place et ne corresponde pas à un perfectionnement spontané.

Il ressort donc des constatations précédentes que l'industrie de Fontéchevade, privée de l'élément Levalloisien, qui permettait de la rattacher au Tayacien, ne se différencie plus, au point de vue typologique, d'un Clactonien fruste; et le fait qu'on y trouve associés des outils massifs sur rognons autorise à considérer cet horizon du paléolithique inférieur de la grotte comme un nouveau jalon de la région atlantique.

ZOOLOGIE. — *Maturation génitale précoce, stolonisation et polycéphalie, par suppression de la région antérieure chez un Syllidien.* Note de M. **Maurice Durchon**, présentée par M. Louis Fage.

La reproduction de *Syllis amica* (Quatrefages) est indirecte : un mois environ avant la reproduction, la région contenant les produits sexuels se transforme en un stolon à soies pélagiques; à l'avant de ce stolon apparaît une tête différente de celle de la forme agame; puis le stolon se détache de la souche, emportant avec lui tous les produits génitaux. Les sexes sont séparés.

Pour préciser le déterminisme de la stolonisation, j'ai cherché à la reproduire expérimentalement en dehors de la période normale, qui en Manche, se situe en juillet et au début d'août. Me fondant sur les résultats de mes recherches précèdentes sur les Néréidiens [1], j'ai voulu voir si une stolonisation précoce ne serait pas la conséquence d'une suppression expérimentale de la région antérieure du corps. A deux reprises (septembre 1948 et janvier 1949), j'ai récolté des individus immatures de *S. amica* et je les ai sectionnés en deux ou trois tronçons : les sections étaient faites à des niveaux variables, mais la limite postérieure du premier tronçon était toujours située en arrière de la zone œsophagienne.

Le tronçon antérieur régénère un pygidium, le tronçon médian, une tête de type agame et un pygidium précédé d'un nombre variable de sétigères néoformés, le tronçon postérieur une tête de type agame suivie d'un nombre variable de sétigères néoformés. Sur ce point mes résultats ne font que confirmer les travaux antérieurs (Okada).

Par contre, si l'on poursuit assez longtemps l'étude des tronçons isolés, on

---

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 157; **229**, 1949, p. 81-82.

constate divers faits qui n'avaient pas retenu l'attention des observateurs précédents.

Dans un délai moyen de trois mois après la section, on observe dans tous les tronçons *postérieurs* ou *médians* qui ont régénéré une tête :

1° une *maturation progressive des produits génitaux* des deux sexes qui envahissent rapidement le coelome (les témoins non sectionnés, élevés dans des conditions identiques, n'acquièrent leur maturité sexuelle qu'au moins trois mois plus tard);

2° une *stolonisation concomitante*. Celle-ci est souvent aberrante, comportant une *polycéphalie* : une tête stoloniale apparaît d'abord à la limite antérieure de la région contenant les produits sexuels (comme dans la stolonisation normale); par la suite, d'autres têtes stoloniales, parfois très nombreuses, apparaissent sur le stolon et sur la souche; tantôt elles sont symétriques (deux yeux, quatre cirres), tantôt asymétriques (un œil et deux cirres d'un seul côté).

La *fréquence* de la polycéphalie dépend de la grandeur relative du tronçon isolé, que j'exprimerai par le rapport s/S (s étant le nombre de sétigères du tronçon, S le nombre de sétigères de l'individu initial). La polycéphalie peut être *localisée*, soit à la région agame précédant immédiatement la tête stoloniale (que je désignerai par a), soit au stolon qui lui fait suite (que je désignerai par *st*), ou bien être commune aux deux régions. Le tableau suivant groupe quelques-uns de mes résultats :

Grandeur relative du tronçon s/S.	Nombre d'individus étudiés.	Stolonisation normale (%).	Polycéphalie (%)		
			sur a.	sur a et *st*.	sur *st*.
$\geq$0,75.........	14	43	14,2	14,2	28,6
De 0,7 à 0,4.....	14	21,5	0	57,3	21,7
<0,4..........	20	25	0	65	10

1° c'est dans les tronçons (médians ou postérieurs) ne dépassant pas les 7/10 de la longueur totale de l'individu, que l'on observe la plus grande fréquence de polycéphalie relativement à la stolonisation normale;

2° dans ces tronçons, elle ne se localise jamais à la seule région agame (a) précédant la tête stoloniale; elle s'observe le plus souvent sur tout le tronçon ($a + st$), moins souvent sur le stolon seul (*st*).

Une Note toute récente de M. Abeloos ([2]) parue ici-même indique la stolonisation expérimentale d'une espèce voisine *S. prolifera* par suppression de la région antérieure du corps. Mes résultats confirment les siens sur ce point. Cependant, mes expériences, effectuées en dehors de la période normale de reproduction, mettent en évidence l'action inhibitrice de la région antérieure sur la maturation des produits sexuels. Les phénomènes de polycéphalie font l'objet de recherches en cours.

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1889.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le rôle organisateur du cerveau dans la régénération des yeux chez une Planaire d'eau douce.* Note de MM. **Étienne Wolff** et **Théodore Lender**, présentée par M. Maurice Caullery.

On peut se demander si les étapes si régulières de la régénération des planaires d'eau douce ne sont pas commandées par des processus d'induction échelonnés. Un phénomène d'induction a été mis en évidence par Santos (1929) (¹) en ce qui concerne l'induction d'un pharynx par une tête greffée dans la région postérieure du corps. Toutefois aucune action organisatrice n'a encore été démontrée dans la régénération normale des planaires.

Nous nous sommes demandé s'il n'y a pas une relation entre la régénération des yeux et celle du cerveau. Nous avons fait appel à la planaire *Polycelis nigra* (Ehrenberg), qui a l'avantage de présenter une frange d'yeux très nombreux, antérieurs et latéraux, s'étendant jusqu'à la limite du premier tiers du corps et qui sont par conséquent éloignés du cerveau. Cette disposition permet d'enlever la masse cérébroïde sans léser les yeux et réciproquement.

Nos résultats ont été tirés d'expériences d'excision, d'irradiation et de greffes. Dans la plupart des séries expérimentales, le groupe des 10 yeux latéro-postérieurs les plus éloignés du cerveau, ont été excisés et ont servi de test. Le critère de la régénération des yeux a été l'apparition des cupules pigmentaires.

1. A la température de 18°, le délai de régénération des yeux excisés est de 7 jours. Ce résultat est valable pour les yeux antérieurs comme pour les yeux latéraux.

Si l'on enlève le cerveau en même temps qu'un groupe d'yeux et si l'on empêche la régénération du cerveau par des excisions régulières, les yeux ne sont pas régénérés, tant que le cerveau est absent ou qu'une quantité minima de cerveau n'est pas reconstituée. Après des excisions répétées pendant 15 jours, les ocelles n'ont réapparu qu'au bout de 22 jours (²). Chez toutes les planaires fixées avant la régénération des yeux, le cerveau n'était pas régénéré. Toutes les planaires qui en fin d'expérience avaient régénéré des yeux, avaient aussi reconstitué leur cerveau.

L'ablation du cerveau 4 à 6 jours après l'excision des yeux n'empêche pas l'apparition d'une ou deux cupules, mais arrête la régénération des suivantes.

(¹) *Biolog. Bull.* (*Woods Hole*), 57, p. 188-198, 31 figures.

(²) Pour les résultats numériques de cette série expérimentale, *voir* E. Wolff et Th. Lender, *C. R. Soc. Biol.* (Strasbourg), séance du 20 mai 1950.

2. Pour établir la nature de la relation entre le cerveau et les cupules pigmentaires, nous avons irradié aux rayons X la région du cerveau, de manière à détruire toutes les cellules de régénération dans cette zone. Ainsi l'on écarte l'hypothèse d'une migration possible de cellules du cerveau vers les ocelles. Un groupe d'yeux latéro-postérieurs situés dans la région non irradiée *sont régénérés au bout du délai normal*, c'est-à-dire 7 jours (²).

Au contraire, un groupe d'yeux antérieurs, situés dans la région irradiée, ne régénèrent qu'après un délai de 13 à 30 jours, qui correspond au temps nécessaire aux néoblastes venant de la région saine pour traverser la zone irradiée.

La preuve est donc faite que les cellules de régénération des cupules pigmentaires ne proviennent pas du cerveau, et que celui-ci agit à la manière d'un organisateur.

3. Ces résultats sont confirmés par des expériences de greffes. On découpe la partie postérieure du bord ocellé d'une planaire et on la greffe du côté dorsal d'un autre sujet au voisinage et un peu en arrière du cerveau. Puis on excise avec précaution quelques-unes des ocelles. La régénération des yeux a commencé 7 jours après l'opération chez 7 sujets sur 7 mis en expérience.

Si, au contraire, on greffe le bord ocellé en arrière du pharynx, au niveau de l'orifice génital, l'excision des yeux n'est pas suivie de régénération. L'expérience se poursuit depuis 18 jours, sur 7 sujets qui n'ont encore montré aucune régénération des ocelles excisées. L'action organisatrice du cerveau ne se fait plus sentir à une aussi grande distance.

Nous pensons donc apporter la démonstration que la première phase de la régénération des yeux, la différenciation des cupules pigmentaires, est déterminée par une action inductive du cerveau qui s'exerce à une distance limitée sur un tissu récepteur, la marge latérale du corps.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mise en évidence dans le sérum des Mammifères d'un accélérateur de la conversion de la prothrombine des Oiseaux.* Note de M. **Méjer Burstein**, présentée par M. Léon Binet.

D'après les travaux récents, le sérum des Mammifères contient un facteur particulier, différent de la thrombine, qui joue dans l'activation de la prothrombine des Mammifères [Facteur VI d'Ovren (¹), Ac-globuline sérique de Ware et Seegers (²)]. De Vries, Alexandre et Goldstein (³) ont montré

(¹) *Acta Med. Scand., Supp.*, 194, 1947.
(²) *Amer. J. Phys.*, 152, 1948, p. 567.
(³) *Blood*, 4, 1949, p. 247, 739 et 747.

que le sérum des Mammifères accélère la conversion de la prothrombine humaine. En effet, le sérum raccourcit le temps de coagulation du plasma oxalaté dilué, récalcifié en présence d'un excès de thromboplastine (temps de prothrombine).

Il résulte de nos expériences, que le sérum des Mammifères accélère également la conversion de la prothrombine des oiseaux en présence d'une thromboplastine de Mammifères.

Il est connu que la thromboplastine homologue est plus active que la thromboplastine hétérologue. Ainsi, le temps de prothrombine en présence d'extrait de cerveau de Lapin est de 13 secondes pour l'Homme, de 6 secondes pour le Lapin, de 60 à 70 secondes pour l'Oie et la Poule. En présence d'extrait de cerveau d'Oiseaux les chiffres respectifs sont : 50 à 60, 25 à 30 et 9 secondes.

Or, nous avons constaté que le sérum des Mammifères (Homme, Lapin), dépourvu de toute trace de thrombine, raccourcit considérablement le temps de prothrombine du plasma d'Oiseau en présence d'extrait de cerveau de Lapin. Le sérum utilisé séparé après centrifugation, a été laissé 5 heures à la température de la chambre. Un tel sérum contient encore une certaine quantité de prothrombine. Son temps de prothrombine, déterminé d'après la méthode de Quick [1] ($0^{cm^3},1$ plasma déprothrombiné + $0^{cm^3},1$ thromboplastine + $0^{cm^3},1$ Cl_2Ca + $0^{cm^3},1$ sérum) est de 25 à 50 secondes. Nous n'avons utilisé que des sérums dont le temps de coagulation était au-dessus de 40 secondes. Enfin, en ajoutant au sérum une certaine quantité de thromboplastine que l'on laisse agir quelques heures, nous avons pu préparer des sérums entièrement exempts de prothrombine.

L'expérience consiste à comparer le temps de prothrombine du plasma d'Oiseau (Oie Poule), citraté à 4 °/₀₀, en absence et en présence du sérum (Homme, Lapin).

En absence du sérum ($0^{cm^3},1$ plasma + $0^{cm^3},1$ thromboplastine lapin + $0^{cm^3},1$ Cl_2Ca 0,025 N à 37°), le temps de prothrombine est de 60 à 70 secondes.

En présence du sérum ($0^{cm^3},1$ plasma + $0^{cm^3},1$ thromboplastine + $0^{cm^3},2$ du mélange à parties égales du sérum et de la solution de calcium), le temps de coagulation est de 15 ou 22 secondes, suivant que l'on utilise le sérum de Lapin ou le sérum humain. Même un sérum dilué 25 à 50 fois dans du sérum salé est encore très actif.

Voici une expérience à titre d'exemple :

---

(1) A. J. Quick et J. E. Favre Gilly, *Blood*, 4, 1949, p. 1281.

1. $0^{cm^3},1$ plasma Oie + $0^{cm^3},1$ thromboplastine
   + $0^{cm^3},1$ Cl_2Ca 0,025 N .... 70 secondes
2. $0^{cm^3},1$ plasma Oie + $0^{cm^3},1$ thromboplastine
   + $0^{cm^3},2$ mélange 1/1 sérum humain + calcium.......... 20 secondes
3. $0^{cm^3},1$ plasma Oie + $0^{cm^3},1$ thromboplastine
   + $0^{cm^3},2$ mélange 1/1 sérum Lapin + calcium.......... 14 secondes
4. $0^{cm^3},1$ plasma Oie + $0^{cm^3},1$ thromboplastine
   + $0^{cm^3},2$ mélange 1/1 sérum Lapin 1/10 + calcium.......... 19 secondes
5. $0^{cm^3},1$ plasma Oie + $0^{cm^3},1$ thromboplastine
   + $0^{cm^3},2$ mélange 1/1 sérum Lapin 1/25 + calcium.......... 24 secondes
6. $0^{cm^3},1$ plasma Oie + $0^{cm^3},1$ thromboplastine
   + $0^{cm^3},2$ mélange 1/1 sérum Lapin 1/50 + calcium.......... 30 secondes

Le raccourcissement observé est bien dû à un facteur sérique, formé au cours de la coagulation, et non pas à un facteur préexistant dans le plasma des Mammifères. Nous avons montré antérieurement ([5]) que le plasma déprothrombiné par adsorption, ainsi que le plasma dicoumarolé, n'accélèrent pas la coagulation du plasma d'oiseau en présence d'une thromboplastine hétérologue.

Il s'agit donc de l'apparition dans le sérum des Mammifères d'un accélérateur de la conversion de la prothrombine des Oiseaux.

Or, l'expérience nous a montré que l'accélérateur sérique ne raccourcit pas le temps de prothrombine du plasma du Lapin en présence de thromboplastine d'Oiseau et ne raccourcit que légèrement le temps de prothrombine du plasma humain. Autrement dit, le sérum des Mammifères contient un facteur qui accélère la conversion de la prothrombine des Oiseaux en présence de la thromboplastine de Mammifères, mais qui n'accélère pas la conversion de la prothrombine des Mammifères en présence de la thromboplastine d'Oiseau. Le facteur qui existe dans le sérum des Mammifères n'agit ainsi qu'en présence de la thromboplastine des Mammifères. La spécificité de la prothrombine ([5]) ne semble pas intervenir. Seule la spécificité de la thromboplastine joue.

([5]) *Revue d'Hématologie*, 5, 1950, p. 180.

PHARMACODYNAMIE. — *Action de l'iodure de tétraméthylammonium et des iodures d'hydroxyphényltriméthylammonium sur la transmission neuro-musculaire.* Note de Mlle **France Depierre** et M. **Albert Funke** présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait que les substances décurarisantes telles que la Prostigmine, le diiodométhylate de *bis*(*p*-diméthylaminophénoxy)-1-3 propane et le sulfométhylate d'acétoxy-3 phényltriméthylammonium sont capables d'abolir l'excitabilité indirecte du muscle strié [1][2] (action curariforme).

Nous avons essayé en simplifiant la molécule de dissocier les propriétés curariformes de ces substances de leurs propriétés décurarisantes. Ces corps possèdent en commun une fonction phénolique (bloquée) et le groupement $(CH_3)_3\equiv\overset{+}{N}—$. Or, on connaît les propriétés décurarisantes des phénols [3] et le pouvoir curarisant du groupement $(CH_3)_3\equiv\overset{+}{N}—$ [4]; pour cette raison, nous avons repris l'étude du phénol et de l'iodure de tétraméthylammonium, et nous avons ensuite recherché les conséquences de l'association de ces fonctions. Nous résumons nos résultats dans le tableau suivant.

Tableau.

	Chat.		Lapin.		Chien.		
	D. C.	D. A. C.	D. H. D.	D. T.	Hypotension muscarinique.	Hypertension nicotinique.	Dose potentialisant l'effet hypotenseur muscarinique de l'acétylcholine.
$(CH_3)_4NI$	1–2	5–10	3	5	+ +	+ +	–
$C_6H_5N(CH_3)_3I$	1	5–10	1,5	3	+ +	+ +	20
C_6H_5OH	–	10–20	–	>50	–	–	–
$OHC_6H_4N(CH_3)_3$ 1-ortho.	>20	30	50	>50	±	—	–
» meta..	8	1	6	8	+ +	+	0,5–1
» para..	0,5	2 (action fugace)	0,7	2	+	+	0,5–1

Chat. — Le sciatique est excité à l'aide du stimulateur de Lapicque, à un rythme de six excitations par minute. Les contractions du gastrocnémien sont enregistrées avec un levier isométrique.

(1) A. Funke et F. Depierre, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 245.
(2) W. C. Wescoe, W. F. Riker et M. I. Brothers, *J. Pharmacol*, 97, 1949, p. 190-208.
(3) C. J. Rothberger, *Pflügers Arch.*, 1902, p. 398.
(4) R. Boehm, *Arch. Pathol.*, 63, 1910, p. 177.

D. C. = dose provoquant une diminution de 50 à 100 % de la hauteur initiale des contractions. D. A. C. = dose nécessaire pour rétablir la transmission sciatique-gastrocnémien interrompue par l'injection de deux doses curarisantes de tri-(*b*-triéthylammoniuméthoxy)-1.2.3 benzène (Flaxedil) ([5]).

Lapin. — D. H. D. = dose minimum curarisante provoquant la chute de la tête sur le sol. D. T. = dose 100 % mortelle.

Les doses sont exprimées en mg/kg.

A notre étonnement, l'iodure de tétraméthylammonium s'est révélé un décurarisant d'activité faible mais au moins égale à celle du phénol. Il a déjà été signalé que le remplacement d'un méthyle par un noyau benzénique ne modifie guère l'activité curarisante de la molécule ([6]), ([7]); nous avons pu mettre en évidence sur le Chat qu'il en est de même pour les propriétés décurarisantes. Dans le cas de ces deux corps, ces propriétés sont liées à des manifestations cholinergiques, muscariniques et nicotiniques intenses ([8]). L'introduction d'une fonction phénolique entraîne des changements profonds et les résultats obtenus sont très différents suivant la position qu'occupe cette fonction par rapport à l'ammonium quaternaire. En effet, avec le dérivé ortho, les activités curariforme, décurarisante et cholinergique sont à peu près supprimées. Au contraire, les dérivés *meta* et *para* se montrent très actifs, l'un par son pouvoir décurarisant, l'autre par son pouvoir curariforme : le premier se révèle aussi efficace que l'ester acétylé correspondant, le second manifeste une action curariforme à des doses voisines de celles du Flaxedil. Les manifestations cholinergiques de ces 2 corps, moins accentuées que celles de l'iodure de tétraméthylammonium, sont encore marquées. On constate que le *m*-hydroxyphényl-triméthylammonium et le dérivé *para* potentialisent l'effet hypotenseur muscarinique de l'acétylcholine, phénomène vraisemblablement lié à des propriétés anticholinestérasiques.

Il résulte de ce travail que le groupement $(CH_3)_3 \equiv \overset{+}{N} -$ auquel peuvent être attribuées les propriétés curariformes de la Prostigmine, est doué aussi de propriétés décurarisantes que l'on retrouve dans le phényltriméthylammonium. En introduisant une fonction phénolique, nous observons non seulement une atténuation ou une suppression presque complète des effets cardio-vasculaires, mais nous assistons également à une exaltation, soit des propriétés décurarisantes, soit des propriétés curarisantes, suivant la position *meta* ou *para* que cette fonction occupe par rapport au groupement ammonium quaternaire.

([5]) D. Bovet, F. Depierre et Y. de Lestrange, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 74.

([6]) F. Kölz, *Arch. Pathol.*, **102**, 1924, p. 282.

([7]) H. R. Ing et W. M. Wright, *Proc. Roy. Soc. London*, B **109**, 1931, p. 337.

([8]) R. Hunt, *J. Pharmacol.*, **28**, 1926, p. 367.

A 16h5m, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de M. **Lapicque**, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Richard Fosse* :

En première ligne	M. **André Mayer**.
En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*....	MM. **Émile Brumpt**.
	René Dujarric de La Rivière.
	René Fabre.
	Maurice Lemoigne.
	Constantin Levaditi.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 18h.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JUIN 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Basile G. Lüyet**, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Saint-Louis du Missouri, qui assiste à la séance.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 2 juin 1950, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Pierre Teilhard de Chardin** pour occuper, dans la Division des Membres non résidants, la place vacante par le décès de M. *René Maire*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Pierre Teilhard de Chardin** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance annuelle des Prix aura lieu le lundi 11 décembre 1950.

MYCOLOGIE. — *Sur la flore mycologique de la Nouvelle-Zélande.* Note de M. **Roger Heim.**

A l'issue de VII[e] Congrès international scientifique du Pacifique, tenu en février 1949 à Auckland et à Christchurch, auquel j'eus l'honneur avec notre confrère M. Ch. Jacob de participer comme délégué de l'Académie des Sciences et de notre pays, j'ai pu, au cours des magnifiques excursions préparées par le Comité néo-zélandais, qui sut remarquablement organiser cette importante manifestation internationale, glaner au hasard des horaires quelques récoltes mycologiques que la sécheresse et la saison ont rendu alors peu abondantes; mais le manque de données que nous possédons sur les Macromycètes de ce

pays, sauf en ce qui concerne les Gastéromycètes et les Polyporés fort bien étudiés par G. H. Cunningham, m'incite à transcrire ici succinctement les résultats de ces brèves investigations.

1° Un simple relevé statistique enregistré au cours de ce voyage à travers les deux Iles donnera une première idée de la composition floristique en Champignons macromycètes, notamment charnus. Les chiffres, liés à chaque genre, mentionnent le nombre d'espèces correspondantes ainsi recueillies. D'autre part, nous y avons joint, entre parenthèses, le nombre d'espèces reçues, certaines de Mrs. Greta Cone, de Wellington.

HÉTÉROBASIDIÉS : *Auricularia* 1, *Tremella* 1, *Calocera* 2.

AGARICALES : *Amanita* 3 (+ 4), *Lepiota* 5 (+ 5), *Leucocoprinus* 1, *Armillaria* 1, *Tricholoma* 1 (+ 2), *Mycena* 8 (+ 5), *Porolaschia* 1, *Omphalia* 3, *Collybia* 5, *Clitocybe* 2, *Armillariella* 1, *Laccaria* 2, *Xerotus* 1, *Marasmius* 4, *Pluteus* 5 (+ 1), *Volvaria* (1), *Rhodophyllus* 5 (+ 2), *Pholiota* 4, *Agrocybe* 1, *Cortinarius* 2 (+ 9), *Cuphocybe* 2, *Inocybe* 5 (+ 3), *Hebeloma* 2, *Conocybe* 2, *Naucoria* 1, *Flammula* 2 (+ 3), *Psalliota* 5, *Deconica* 1, *Stropharia* 4, *Anellaria* 1, *Drosophila* 2, *Pseudocoprinus* 1, *Coprinus* 3.

ASTÉROSPORALES : *Russula* 1 (+ 5), *Lactarius* 1 (+ 1).

GASTÉRALES : *Calostoma* 1 (+ 1), *Secotium* 1 (+ 4), *Cyathus* 1, *Crucibulum* 1, *Lycoperdon* 5, *Bovista* 1, *Calvatia* 1, *Scleroderma* 2 (+ 1), *Geaster* (1); 4 genres d'Hypogés dont *Gautieria* (1).

BOLETALES : *Boletus* 3, *Phylloporus* 1, *Paxillus* 1.

APHYLLOPHORALES (y compris Clavaraciées) : *Cantharellus* 1 (+ 2); *Clavaria* 1; *Corticium* 4, *Stereum* 1, *Podoscypha* 1, *Polyporus sensu lato* 14, *Schizophyllum* 1, *Irpex* 1, *Odontia* 1, *Mycoleptodon* 1.

DISCALES OPERCULÉS : *Physomitra* (1), *Pyronema* 1, *Ciliaria* 3.

DISCALES INOPERCULÉS : *Helotium* 5, *Dasyscypha* 1, *Chlorosplenium* 1, *Leotia* 1.

CYTTARIALES : *Cyttaria* (1).

On peut se rendre compte par cette liste fort incomplète que la composition *générique* des Agaricacés de la Nouvelle-Zélande diffère peu de celle qu'offre l'Europe dans son ensemble. On sait déjà que celle des Gastéromycètes est remarquablement riche en formes et en genres spécialement austraux (*Mesophellia*), ou même strictement néo-zélandais (*Claustula*, *Calostoma fuscum*, *Secotium porphyreum*) et que les Polyporés y représentent un ensemble remarquablement diversifié, à éléments spécifiques à la fois cosmopolites, subtropicaux et tropicaux, d'autre part nord-américains, asiatiques et européens, enfin endémiques austraux et néo-zélandais.

2° La récolte du remarquable *Secotium porphyreum* Cunningh., celle d'une forme mineure de celui-ci, celle — qu'a reçue d'Akaroa Mrs. Cone — d'une petite forme lamellée et volvée de cette espèce, de même couleur violette et à spores nettement plus ornementées, me confirment dans cette supposition que ces champignons constituent, comme le *Secotium tenuipes* Setch., des jalons

intermédiaires entre les *Secotium* vrais gastéromorphes et des Agarics ochrosporés (*Bolbitius, Conocybe*). Je les rapproche, dans un même phylum, des *Galeropsis* Velen., à gléba tantôt lamellée tantôt locellée (*Cyttarophyllum* Heim s. str. Pilàt), que j'ai récemment étudiés en détail.

3° Le genre nouveau d'Agaricacés, *Cuphocybe*, a été recueilli dans la somptueuse futaie à *Nothofagus cliffortioides* (Hook. f.) Oerst. à peu près pure, au Paradise près du Diamond Lake, au voisinage de Lac Wakatipu (Ile du Sud), le 28 février 1949, selon deux espèces croissant sur débris ligneux.

Le chapeau du *Cuphocybe olivacea* n. sp., de taille moyenne (4 à $5^{cm},5$ de diamètre), irrégulièrement convexe, déprimé au centre, à derme aisément séparable, sec, se montre couvert de fines mèches apprimées, fibrilleuses-laineuses, jaune clair, caduques, sur un fond glabre marbré et brun foncé subtilement mêlé d'olivâtre; la marge est finement striée, puis sillonnée. Le pied, irrégulier, nettement plus long que le diamètre du chapeau, s'épaissit brusquement vers la base qui est bulbeuse-submarginée; le fond en est ocracé clair, plus pâle et glauque verdâtre en haut, jaune brunâtre vers le bas, brun olivâtre à la partie inférieure; il est ponctué, sauf au sommet, de fibrilles brunes et de petites mèches écailleuses apprimées jaune clair, orange vif en haut; fibreux-strié-subsillonné il se creuse, et montre un revêtement brillant. Les lamelles, assez distantes, larges, à arête sinuée-crénelée, à faces striées, nuageuses, argillacé-vif mais à trame blanc pur, se poursuivent longuement par le filet de l'arête en haut du stipe; deux rangées de lamellules les accompagnent. La chair blanchâtre, légère, à saveur douce et fine odeur agréable, est mêlée d'hyphes lactifères. Les spores, mesurant $11,5\text{-}15,6 \times 6,2\text{-}8^{\mu},6$, ocracées, sont ellipsoïdes-subamygdaliformes-allongées, irrégulières, parfois cylindracées-étranglées (alors équivalentes à des spores doubles), et munies de *trois* téguments : une endospore paille, rigide, d'épaisseur égale, une mésospore plus épaisse, brun ocre, à contour finement bosselé, enfin une épispore hyaline traduisant extérieurement les hernies tuberculeuses sous-jacentes groupées souvent en lignes interrompues et parfois ramifiées.

L'autre espèce, *Cuphocybe alborosea* n. sp., très proche de la précédente, privée de la moindre nuance olivâtre, possède un chapeau rose lilas, entièrement ponctué-chagriné de fines et minces mèches apprimées couleur cuir lilacin, et un pied pareillement muni d'un bulbe épais submarginé, mais blanc pur couvert de squames apprimées ocre roux groupées en cercles concentriques. Ses spores, de $12,5\text{-}13,6 \times 7,1\text{-}9^{\mu}$, conservent le contour elliptique-amygdaliforme.

Physionomiquement, le genre *Cuphocybe* se rapproche de *Cortinarius*, surtout de *Telamonia*, ou évoque une Pholiote exannulée. Mais la survivance d'un voile général non cortiniforme, la décurrence des lamelles, les dimensions, forme et tégumentation des spores l'en éloignent, tandis qu'en outre l'ornementation tuberculeuse de celles-ci et le revêtement piléique le séparent des Inocybes, de même que l'absence de cystides et de poils cystidiformes.

Ainsi, cette nouvelle coupure, qui paraît un type générique d'Agaricacé endémique néo-zélandais propre à la futaie à *Nothofagus*, est bien caractérisée par son port à stipe bulbeux, par son voile général adné persistant en mèches ou écailles apprimées sur le piléus et le stipe dont l'élongation est rapide, par l'absence de voile partiel, par sa marge piléique striée, par la légèreté de sa

chair, par ses lamelles longuement et brusquement décurrentes par la dent, enfin, par ses spores argillacées, allongées, irrégulières, à triple membrane, et tuberculeuses.

4° Les trouvailles mycologiques ainsi faites en Nouvelle-Zélande dans les futaies à *Nothofagus cliffortioides* (Paradise) et *N. Menziesii* (Hermitage, The Chateau), et, en avril 1949, dans les bois à *N. Cunninghamii* de l'Australie méridionale, me permettront d'insister d'autre part sur l'intérêt exceptionnel de la végétation fongique que ces formations australes recèlent, et qui mérite d'être comparée, dans sa richesse et sa composition, à celle de notre hêtraie. Les récoltes de Spegazzini dans la sylve à *Nothofagus* d'Amérique du Sud et celles examinées par Hariot du Cap Horn ont déjà montré l'intérêt de ces essences quant aux Micromycètes qu'elles recèlent. *Cuphocybe* s'ajoute aujourd'hui aux *Cyttaria* pour constituer avec eux deux genres de Macromycète probablement liés strictement l'un comme l'autre aux *Nothofagus*.

M. **Louis de Broglie** fait hommage de son Ouvrage : *Optique électronique et corpusculaire.*

M. **Albert Caquot** présente un Ouvrage en deux volumes de M. **Maurice Roy**, dont il a écrit la *Préface : Mécanique des milieux continus et déformables.*

M. **Hippolyte Parodi** s'exprime en ces termes :

Je dépose sur le Bureau de l'Académie un volume dactylographié, œuvre de Mme Berthe Forestier, intitulé : *Famille de Science au XIXe siècle.*

Cet Ouvrage contient de très intéressants renseignements sur la famille Bertrand, alliée à celles d'illustres savants qui ont été et dont l'un est encore, membres de notre Compagnie : Jean-Constant Duhamel, Joseph Bertrand, Paul Appell, Émile Picard et Émile Borel.

Mme Berthe Forestier a réuni ce qui a été publié de plus important sur les membres de sa famille en utilisant les papiers de Pierre Appell, les éloges nécrologiques de Darboux, le livre de Marguerite Combes, la notice de Termier et celle de Joly, ce qui lui a permis de faire de larges et intéressantes citations.

M. Alexandre Arou, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, a revu amicalement le travail de Mme Berthe Forestier afin, dit modestement celle-ci, de lui éviter des impairs scientifiques.

Le but de Mme Berthe Forestier a été de réunir tous ces grands hommes en établissant leurs liens de parenté, espérant que leurs descendants y trouveront une fierté et un enseignement.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voix du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *Richard Fosse*, décédé.

Le nombre des votants étant 70,

M. André Mayer	obtient	....	45 suffrages
M. Maurice Lemoigne	»	....	14 »
M. Arthur Vernes	»	....	5 »
M. René Dujarric de La Rivière	»	....	2 »
M. Émile Brumpt	»	....	1 »
M. René Fabre	»	....	1 »
M. Constantin Levaditi	»	....	1 »

Il y a un bulletin nul.

M. **André Mayer** ayant obtenu la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Albert Caquot**, **Charles Camichel** et **André Danjon** sont désignés pour représenter l'Académie, au soixante-neuvième Congrès de l'**Association française pour l'avancement des Sciences**, qui se tiendra à Toulouse, du 11 au 16 septembre 1950.

MM. **René Leriche** et **Maurice Gignoux** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du deux-cent-cinquantième anniversaire de l'**Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon**, les 8 et 9 juillet 1950.

CORRESPONDANCE.

M. **Guido Castelnuovo**, Président de la **Accademia Nazionale dei Lincei**, annonce que cette Académie décernera en 1951 un prix de 3000000 de lires à une œuvre ou une découverte concernant les mathématiques ou l'astronomie.

Les Académies étrangères sont invitées à présenter des candidats à ce Prix avant le 31 décembre 1950.

(Renvoi aux Sections de Géométrie et d'Astronomie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Conrad Burri. *Alfred Lacroix*, 1863-1948.

2° Union géodésique et géophysique internationale. Comité national français. Commission du Bassin de la Seine. Cahier n° 12. *Catalogue des échelles utilisées par le Service Central Hydrométrique et d'Annonce de crues*, par Vladimir Frolow.

3° Aimée Péreau. *La phase de la composante annuelle des niveaux des rivières de la plaine de l'est européen.*

4° *École Polytechnique et questions connexes*, par Charles Stæhling.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quasi-analyticité des fonctions sommes de séries de Fourier lacunaires.* — Note (*) de MM. **Jean-Pierre Kahane** et **Pierre Lalaguë**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le problème de la relation entre le comportement d'une fonction au voisinage d'un point et la répartition des exposants de sa série de Fourier, tel qu'il a été posé par M. Mandelbrojt, se rattache étroitement à l'estimation de la norme d'une fonction de la classe EL ou EL_2 (c'est-à-dire entière et de type exponentiel dans le plan complexe, sommable ou de carré sommable sur la droite réelle), s'annulant en certains points. Le lemme suivant indique cette liaison.

Lemme. — *Hypothèses :* (A) *Soit* $f(x)=a_0+\sum_{j=1}^{\infty} a_j\cos\lambda_j x+b_j\sin\lambda_j x\not\equiv 0$, λ_j *réels positifs croissants*, a_j *et* b_j *complexes*, $\sum_1^{\infty}(|a_j|+|b_j|)<\infty$. (B) *Soit* $F_{\alpha,k}(x)\in EL$ (*resp.* EL_2), *telle que*

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\, r^{-1}\log|F_{\alpha,k}(ir)|=0,\qquad \overline{\lim_{r=\infty}}\, r^{-1}\log|F_{\alpha,k}(-ir)|=\alpha,$$
$$F_{\alpha,k}(\pm\lambda_j)=0\qquad \textit{pour}\quad j\neq k\qquad (\lambda_0=0).$$

Conclusion :

$$(C)\ \left\{\begin{aligned}&\int_0^{\alpha}|f(x)|\,dx\int_{-\infty}^{\infty}|F_{\alpha,k}(x)|\,dx>\left|\frac{a_k+ib_k}{2}F_{\alpha,k}(\lambda_k)+\frac{a_k-ib_k}{2}F_{\alpha,k}(-\lambda_k)\right|=\varphi_k\\&\left(\text{resp. }\left[\int_0^{\alpha}|f(x)|^2\,dx\right]^{\frac12}\left[\int_{-\infty}^{\infty}|F_{\alpha,k}(x)|^2\,dx\right]^{\frac12}>\varphi_k\right).\end{aligned}\right.$$

La démonstration s'appuie sur le théorème de Paley-Wiener précisé par Plancherel et Polya. A la détermination d'une fonction satisfaisant (B) correspond un théorème pour les fonctions vérifiant (A), et inversement.

(*) Séance du 19 juin 1950.

I. Supposons qu'existent un $\varepsilon > 0$ et une suite d'entiers j_n tels que j_{n+1}/j_n soit borné, et $j^{1+\varepsilon}\lambda_j^{-2} < j_n^{1+\varepsilon}\lambda_{j_n}^{-2}$ pour $j > j_n$. La fonction

$$F_{\alpha,0}(x) = \prod_{j=1}^{\infty}(1 - x^2\lambda_j^{-2})\prod_{j=0}^{\infty}(1 - e^{2i\mu_j\alpha x})^2(2i\mu_j\alpha x)^{-2},$$

où $\mu_j > 0$, $\sum_0^{\infty}\mu_j < (1/4)$, vérifie (B), et l'on a K ne dépendant que de la suite $\{\lambda_j\}$ et K' ne dépendant pas de α :

$$(\mathrm{B}_1)\quad \begin{cases} \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} |F_{\alpha,0}(x)|\, dx < K'\alpha^{-2}\operatorname{Max}_j(\mu_1\lambda_1\ldots\mu_j\lambda_j K^{-j}\alpha^j)^{-2}, \\ \displaystyle\left[\int_{-\infty}^{\infty} |F_{\alpha,0}(x)|^2 dx\right]^{\frac{1}{2}} < K'\alpha^{-1}\operatorname{Max}_j(\mu_1\lambda_1\ldots\mu_j\lambda_j K^{-j}\alpha^j)^{-2}, \end{cases}$$

THÉORÈME. — *Hypothèse :* (A_1) *Soit* $f(x)$ *vérifiant* (A), *la suite* $\{\lambda_j\}$ *vérifiant la condition ci-dessus. Conclusion : pour toute suite réelle positive* $\{g_j\}$ *telle que* $\sum_1^{\infty} g_j/\lambda_j < \infty$, *on a :*

$$(\mathrm{C}_1)\quad \begin{cases} \displaystyle\varliminf_{\alpha\to 0} \alpha^{-2}\operatorname{Max}_j(g_1\ldots g_j\alpha^j)^{-2}\int_0^{\alpha}|f(x)|\,dx > 0, \\ \displaystyle\varliminf_{\alpha\to 0} \alpha^{-1}\operatorname{Max}_j(g_1\ldots g_j\alpha^j)^{-2}\left[\int_0^{\alpha}|f(x)|^2 dx\right]^{\frac{1}{2}} > 0. \end{cases}$$

Si λ_{j+1}/λ_j est borné, on peut remplacer dans (C_1) α^{-2} et α^{-1} par α^p, p quelconque.

II. COROLLAIRE. — *Hypothèse* (A_2) : $f(x)$, *infiniment dérivable, vérifie* (A_1), $f^{(n)}(0) = 0$, $|f^{(n)}(x)| < m_n$, $n \geq 0$. *Conclusion :* (C_2) $\sum^{\infty}(j\lambda_j)^{-1}\left(\frac{m_{2j+1}}{m_{2j-1}}\right)^{\frac{1}{2}} = \infty$.

(I) et (II) étendent et précisent des résultats anciens de M. Mandelbrojt. Quand les λ_j sont assez espacés, ils contiennent une généralisation de M. Levine, reposant sur une tout autre méthode. La méthode employée ici, qui reprend celle de M. Mandelbrojt, est bien adaptée au cas où les λ_j croissent très rapidement, comme le montre la réciproque suivante.

III. RÉCIPROQUE. — *S'il existe* $\varepsilon > 0$ *et* N *tels que* $j^{1+\varepsilon}/\lambda_j$ *décroît pour* $j > N$, *la fonction* $f(x) = 1 + \sum_1 \Lambda_k \cos\lambda_k x$, *avec* $\Lambda_k = \prod_{j=1,\, j\neq k}^{\infty} \frac{\lambda_j^2}{\lambda_j^2 - \lambda_k^2}$, *satisfait* (A_2) *avec* $m_{2n} = K^{-2n}\lambda_1^2\ldots\lambda_n^2$, K *ne dépendant que de la suite* $\{\lambda_j\}$, *et l'on a*

$$(\mathrm{A}_3)\quad \begin{cases} \displaystyle\int_0^{\alpha}|f(x)|\,dx < \alpha\operatorname{Min}_j[(j!)^{-1}\lambda_1\ldots\lambda_j K^{-j}\alpha^j]^2, \\ \displaystyle\left[\int_0^{\alpha}|f(x)|^2 dx\right]^{\frac{1}{2}} < \alpha^{\frac{1}{2}}\operatorname{Min}_j[(j!)^{-1}\lambda_1\ldots\lambda_j K^{-j}\alpha^j]^2. \end{cases}$$

Dès que $\sum^{\infty} \frac{\lambda_j}{\lambda_{j+1}} < \infty$, on ne peut donc remplacer dans $(C_1)\,\alpha^{-2}$ par α^1, ni α^{-1} par $\alpha^{3/2}$.

IV. Théorème. — *Hypothèse* (B_3) : *Soit* $F(x) \in EL$ (*resp.* EL_2) *telle que*

$$\overline{\lim_{r\,\infty}}\, r^{-1} \log |F(ir)| = h', \qquad \overline{\lim_{r\,\infty}}\, r^{-1} \log |F(-ir)| = h, \qquad \alpha = h + h',$$
$$F(0) = 1, \qquad F(\pm \lambda_k) = 0.$$

On suppose qu'existent ε *et* N *tels que* $j^{1+\varepsilon}/\lambda_j$ *soit décroissant pour* $j > N$.

Conclusion : on a, K *ne dépendant que de la suite* $\{\lambda_j\}$

$$(C_3)\qquad \left\{ \begin{array}{l} \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} |F(x)| > \alpha^{-1} \operatorname{Max}_j [(j!)^{-1} \lambda_1 \ldots \lambda_j K^{-j} \alpha^j]^{-2}, \\ \left(\text{resp.} \left[\displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} |F(x)|^2 dx\right]^{\frac{1}{2}} > \alpha^{-\frac{1}{2}} \operatorname{Max}_j [(j!)^{-1} \lambda_1 \ldots \lambda_j K^{-j} \alpha^j]^{-2}\right). \end{array} \right.$$

La réciproque de IV est fournie par I. Dès que $\Sigma \lambda_j/\lambda_{j+1} < \infty$, on ne peut donc pas remplacer dans $(C_3)\,\alpha^{-1}$ par α^{-4}, ni $\alpha^{-1/2}$ par α^3.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des équations intégrales de Volterra à n variables.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

On généralise un résultat de l'auteur et un autre dû à M. Delerue.

Considérons l'équation intégrale de Volterra à n variables, d'inconnue $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$,

$$(1)\qquad \begin{array}{l} C f(x_1, x_2, \ldots, x_n) \\ \quad + \lambda \displaystyle\int_0^{x_1} \cdots \int_0^{x_n} K(x_1 - \lambda_1, x_2 - \lambda_2, \ldots, x_n - \lambda_n) \\ \quad \times f(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n)\, d\lambda_1 \ldots d\lambda_n = g(x_1, \ldots, x_n). \end{array}$$

Posons, au sens de Laplace, dans une transformation à n variables

$$f(x_1, \ldots, x_n) \supset \varphi(s_1, \ldots, s_n),$$
$$K(x_1, \ldots, x_n) \supset N(s_1, \ldots, s_n),$$
$$g(x_1, \ldots, x_n) \supset \theta(s_1, \ldots, s_n);$$

l'équation (1) admet alors la transformée

$$[C + \lambda N(s_1, \ldots, s_n)]\, \varphi(s_1, \ldots, s_n) = \theta(s_1, \ldots, s_n)$$

et une solution de (1) aura pour image

$$\varphi(s_1, \ldots, s_n) = \frac{\theta(s_1, \ldots, s_n)}{C + \lambda N(s_1, \ldots, s_n)}.$$

Supposons maintenant que le second membre de (1) prenne la forme particulière

$$x_1^{m_1-1}x_2^{m_2-1}\ldots x_n^{m_n-1}e^{\sum_1^n \alpha_k x_k} \qquad (m_k \text{ entier} > 1)$$

dont la transformée s'écrit

$$\frac{\prod_1^n{}_k(m_k-1)!}{\prod_1^n{}_k(s_k-\alpha_k)^{m_k}},$$

et soit $f_0(x_1, \ldots, x_n)$, d'image $\varphi_0(s_1, \ldots, s_n)$, la solution correspondante de l'équation intégrale (1); on a entre $\varphi_0(s_1, \ldots, s_n)$ et $\varphi(s_1, \ldots, s_n)$ la relation

$$\varphi(s_1, \ldots, s_n) = \frac{\prod_1^n{}_k(s_k-\alpha_k)^{m_k}}{\prod_1^n{}_k(m_k-1)!}\theta(s_1, \ldots, s_n)\varphi_0(s_1, \ldots, s_n).$$

Il en résulte entre la solution de (1) correspondant à $g(x_1, \ldots, x_n)$ quelconque et $f_0(x_1, \ldots, x_n)$ l'équation

$$(2)\quad f(x_1, \ldots, x_n) = \frac{1}{\prod_1^n{}_k(m_k-1)!}\prod_1^n{}_k\left(\frac{\partial}{\partial x_k}-\alpha_k\right)^{m_k}$$
$$\times\int_0^{x_1}\cdots\int_0^{x_n} g(x_1-\lambda_1, \ldots, x_n-\lambda_n)f_0(\lambda_1, \ldots, \lambda_n)\,d\lambda_1\ldots d\lambda_n.$$

Ceci suppose que

$$\frac{\partial^i}{\partial x_k^i}\int_0^{x_1}\cdots\int_0^{x_n} g(x_1-\lambda_1, \ldots, x_n-\lambda_n)f_0(x_1-\lambda_1, \ldots, x_n-\lambda_n)\,d\lambda_1\ldots d\lambda_n$$

est nulle pour $x_k=0$, pour $k=1, 2, \ldots, n$ et jusqu'à l'indice $i=m_k-1$.

Notons que pour $\alpha_k=0$, $m_k=1$ $(k=1, 2, \ldots, n)$ la relation (2) donne l'équation de M. Delerue ([1]) et pour $n=1$ celle que nous avons établie dans un travail antérieur ([2]).

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 807.

([2]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 523.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une famille de polynômes orthogonaux à quatre paramètres.* Note de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Henri Villat.

Théorème. — *Les polynômes* $P_n(z; \lambda, a, b, c)$ *définis par la formule*

$$(1) \quad (n+c)P_n - 2[(n-1+\lambda+a+c)z+b]P_{n-1} + (n+2\lambda+c-2)P_{n-2} = 0$$

où $n = 1, 2, \ldots, P_0 = 1, P_{-1} = 0$, *sont orthogonaux dans* $(-1, 1)$ *avec le poids*

$$(2) \quad \rho(z) = \frac{(2\sin t)^{2\lambda-1}}{2\pi\Gamma(2\lambda+c)\Gamma(c+1)} e^{\tau(2t-\pi)} |\Gamma(\lambda+c+i\tau)|^2 |F(1-\lambda+i\tau, c; c+\lambda+i\tau; e^{2it})|^{-2}$$

$$\left(z = \cos t; \quad 0 \leq t \leq \pi; \quad \tau = \frac{a\cos t + b}{\sin t}\right),$$

les relations d'orthogonalité étant

$$(3) \quad \int_{-1}^{1} P_m P_n \rho\, dz = \frac{\Gamma(c+1)}{\Gamma(2\lambda+c)} \frac{1}{2(\lambda+a+c+n)} \frac{\Gamma(2\lambda+c+n)}{\Gamma(c+1+n)} \delta_{mn}$$

$$(m, n = 0, 1, \ldots)$$

et λ, a, b, c *devant satisfaire à l'un au moins des systèmes d'inégalités*

$$(4a) \quad a > |b|, \quad 2\lambda + c > 0, \quad c \geq 0; \qquad (4b) \quad a > |b|, \quad 2\lambda + c \geq 1, \quad c > -1.$$

De (1), on déduit pour la fonction $g(x, z) = \sum_0^\infty x^n P_n(z)$ l'équation

$$(5) \quad L_x(g) \equiv x(x^2 - 2xz + 1)\frac{dg}{dx} + g\big[(2\lambda+c)x^2 - 2x\big((\lambda+a+c)z+b\big)+c\big] = c$$

et de là, grâce aux notations $\alpha_{1(2)} = z \pm \sqrt{z^2-1}$, $A_{1(2)} = \lambda \mp (az+b)/(\sqrt{z^2-1})$,

$$(6) \quad g(x, z) = Q^{-1}(x)\int_0^x c\xi^{c-1}(\alpha_1-\xi)^{A_1-1}(\alpha_2-\xi)^{A_2-1}d\xi; \qquad Q(x) = x^c(\alpha_1-x)^{A_1}(\alpha_2-x)^{A_2};$$

à l'aide de $g(x, z)$, les relations (3) peuvent être résumées par la formule

$$(7) \quad \int_{-1}^{1} g(x,z)\, g(y,z)\,\rho(z)\, dz = \frac{\Gamma(c+1)}{\Gamma(2\lambda+c)} \sum_0^\infty \frac{(xy)^n}{2(\lambda+a+c+n)} \frac{\Gamma(2\lambda+c+n)}{\Gamma(c+1+n)} \quad (|x|, |y| < 1).$$

Pour démontrer (7), nous utiliserons la solution particulière $u(x, z)$ de

$$(8) \quad L_x[u(x, z)] = x f(x) + c\, u(0, z),$$

qui est holomorphe pour $|x| < 1$, $|z| \geq 1$; on voit sans peine que dans l'hypothèse $\lambda + a + c > 0$, $u(x, z) = \sum_0^\infty \frac{u_\nu(x)}{z^{\nu+1}}$ existe quelle que soit $f(x)$, supposée

holomorphe pour $|x| < 1$. De (6) et (8), on déduit la formule

$$(9) \qquad u(x, z) = Q^{-1}(x) \int_0^x \xi^{c-1}(\alpha_1 - \xi)^{A_1-1}(\alpha_2 - \xi)^{A_2-1}[\xi f(\xi) + c\, u(0, z)]\, d\xi,$$

d'où résulte pour $u(0, z)$ une expression explicite qui, dans l'hypothèse ($4a$), permet de montrer que (pour $|x| < 1$), $u(x, z)$ est holomorphe dans le plan z, fermé à l'infini et découpé le long du segment $-1 \leqq z \leqq 1$. Pour la fonction

$$(10) \quad f(x) = -\frac{\Gamma(c+1)}{\Gamma(2\lambda+c)} \sum_0^\infty (xy)^n \frac{\Gamma(2\lambda+c+n)}{\Gamma(c+1+n)} = -F(1, 2\lambda+c; 1+c; xy) \qquad (|xy| < 1),$$

le résidu de $u(x, z)$ à l'infini se confond avec le deuxième membre de (7), donc

$$(11) \quad u_0(x) = \frac{1}{2\pi i} \int_{C\,|z|>1} u(x, z)\, dz = \frac{\Gamma(c+1)}{\Gamma(2\lambda+c)} \sum_0^\infty \frac{(xy)^n}{2(\lambda+a+c+n)} \cdot \frac{\Gamma(2\lambda+c+n)}{\Gamma(c+1+n)}.$$

Pour calculer cette intégrale, nous pouvons négliger la partie non ramifiée de $u(x, z)$ [équ. (9)] et remplacer, en outre, le cercle C par une courbe composée des deux bords du segment $-1+\varepsilon \leqq z \leqq 1-\varepsilon$ et de deux « cercles », de rayon ε, autour des points ± 1. Les contributions des deux cercles tendant vers zéro avec ε, il vient ainsi, à l'aide de (6),

$$(12) \qquad \begin{aligned} u_0(x) &= \lim_{\varepsilon=0} \frac{1}{2\pi i} \int_{-1+\varepsilon}^{1-\varepsilon} [u^-(x, z) - u^+(x, z)]\, dz \\ &= \lim_{\varepsilon=0} \frac{1}{2\pi i} \int_{-1+\varepsilon}^{1-\varepsilon} g(x, z)\, [u^-(0, z) - u^+(0, z)]\, dz, \end{aligned}$$

u^- et u^+ désignant les valeurs de u sur les bords inférieur et supérieur de la coupure. Enfin on trouve, grâce à l'identité $\xi L_y[f(\xi)] - y L_\xi[f(\xi)] = c(y - \xi)$, satisfaite par la fonction (10), que

$$(13) \qquad u^-(0, z) - u^+(0, z) = 2\pi i \rho(z)\, g(y, z) \qquad (-1 < z < 1).$$

Les équations (11), (12), (13) démontrent (7), donc notre théorème, dans l'hypothèse ($4a$).

Les polynômes $[\Gamma(c+1+n)/\Gamma(2\lambda+c+n)]\, P_n(z; \lambda, a, b, c)$ satisfont à une formule de récurrence qui résulte de (1) par la transformation $\lambda' = 1 - \lambda$, $c' = 2\lambda + c - 1$, laquelle, tout en laissant $\rho(z)$ invariante, change ($4a$) en ($4b$); donc, les équations (3) restent valables dans l'hypothèse ($4b$), ce qui complète

---

(1) M. A. Erdélyi nous a fait observer que le cas particulier $c = 0$ de ces polynômes que nous avons étudié récemment (*Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1563-1565) se trouve déjà chez M. A. Meixner (*Journ. London Math. Soc.*, **9**, 1934, p. 6-13; cas 5).

notre démonstration. On voit aisément que les polynômes

$$(14) \qquad P_n(z, \lambda, \varphi, c) = \lim P_n\left(\varepsilon z + \cos\varphi;\ \lambda, \frac{\sin\varphi}{\varepsilon}, -\frac{\sin\varphi\cos\varphi}{\varepsilon}, c\right) \quad (^1),$$

qui satisfont à la formule de récurrence

$$(15) \quad (n+c)\,P_n - 2[(n-1+\lambda+c)\cos\varphi + z\sin\varphi]\,P_{n-1} + (n+2\lambda+c-2)\,P_{n-2} = 0,$$

où $P_0 = 1$, $P_{-1} = 0$, sont orthogonaux dans $(-\infty, \infty)$ avec le poids

$$(16) \quad \rho(z) = \frac{(2\sin\varphi)^{2\lambda}}{2\pi\Gamma(2\lambda+c)\Gamma(c+1)} e^{z(2\varphi-\pi)} |\Gamma(\lambda+c+iz)|^2 |F(1-\lambda+iz, c; c+\lambda+iz; e^{2i\varphi}|^{-2}.$$

On a

$$\int_{-\infty}^{\infty} P_m P_n \rho\, dz = \frac{\Gamma(c+1)}{\Gamma(2\lambda+c)} \frac{\Gamma(2\lambda+c+n)}{\Gamma(c+1+n)} \delta_{mn} (m, n = 0, 1, \ldots),$$

et λ, φ, c doivent satisfaire à l'un au moins des systèmes d'inégalités

$$(17a) \quad 0<\varphi<\pi, \quad 2\lambda+c>0, \quad c\geq 0; \qquad (17b) \quad 0<\varphi<\pi, \quad 2\lambda+c\geq 1, \quad c>-1.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les séries de Fourier.*

Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

$\varphi(x)$ étant sommable, $f(x)$ une intégrale de φ, $\varphi^\bullet$ la fonction conjuguée de φ : en tout point d'un ensemble $\mathcal{E}$ dont le complémentaire est de mesure nulle et relativement à $\mathcal{E}$, $\varphi^\bullet(x)$ est la dérivée de $f^\bullet(x)$. Si $f^\bullet(x)$ existe en tout point, $\varphi^\bullet(x)$ est presque partout la dérivée de $f^\bullet(x)$.

Les résultats antérieurs (¹) concernaient l'approximation des fonctions absolument continue à variation bornée. Nous indiquons ici les premières applications.

Soit $\varphi(x)$ une fonction sommable de période 2π que nous supposerons à valeur moyenne nulle et soit $f(x)$ une intégrale de $\varphi(x)$; $f^\bullet(x)$ désigne la fonction conjuguée de $f(x)$ et nous posons

$$\varphi_n^\bullet(x) = \frac{1}{\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{\frac{2}{\pi}} [\varphi(x+2t) - \varphi(x-2t)] \operatorname{cotg} t\, dt.$$

On sait que $\varphi^\bullet(x) = \lim_{n\infty} \varphi_n^\bullet(x)$ existe presque partout.

Soit $S_n(\varphi, x)$ la somme de Fourier de φ d'ordre n et α une constante absolue. On a les égalités suivantes valables pour tout x, sauf éventuellement sur un

(¹) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1730.

ensemble de mesure nulle.

$$(1)\quad S_n\left(\varphi, x+\frac{\alpha}{n}\right)-\varphi(x)=\cos\alpha[S_n(\varphi, x)-\varphi(x)]+\sin\alpha[S_n^{\bullet}(\varphi, x)-\varphi^{\bullet}(x)]+o'(1),$$

$$(2)\quad S_n^{\bullet}\left(\varphi, x+\frac{\alpha}{n}\right)-\varphi^{\bullet}(x)=\cos\alpha[S_n^{\bullet}(\varphi, x)-\varphi^{\bullet}(x)]-\sin\alpha[S_n(\varphi, x)-\varphi(x)]+o'(1),$$

$$(3)\quad S_n\left(f, x+\frac{\alpha}{n}\right)-f\left(x+\frac{\alpha}{n}\right)=\cos\alpha[S_n(f, x)-f(x)]+\sin\alpha[S_n^{\bullet}(f, x)-f^{\bullet}(x)]+o'\left(\frac{1}{n}\right),$$

$$(4)\quad S_n^{\bullet}\left(f, x+\frac{\alpha}{n}\right)-f^{\bullet}(x)=\cos\alpha[S_n^{\bullet}(f, x)-f^{\bullet}(x)]-\sin\alpha[S_n(f, x)-f(x)]+\frac{\alpha}{n\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{+\infty}\frac{\Delta_2(f, x, t)}{t^2}\,dt+o'\left(\frac{1}{n}\right).$$

Nous prenons $\alpha=\pi/2$ et en tenant compte de ce que

$$\sigma_n\left(x+\frac{\pi}{2n}\right)-f\left(x+\frac{\pi}{2n}\right)=\sigma_n(x)-f(x)+o'\left(\frac{1}{n}\right),$$

on obtient le résultat suivant :

THÉORÈME. — *$\varphi(x)$ étant une fonction sommable de période 2π, $f(x)$ une intégrale de $\varphi(x)$, on a*

$$\varphi_n^{\bullet}(x)=\frac{1}{\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{\frac{\pi}{2}}[\varphi(x+2t)-\varphi(x-2t)]\cot t\,dt$$
$$=\frac{1}{2\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{\frac{\pi}{2}}\frac{f(x+2t)+f(x-2t)-2f(x)}{\sin^2 t}\,dt+o'(1).$$

La démonstration du théorème concernant la nature de $\varphi^{\bullet}(x)$, repose sur l'égalité suivante à rapprocher de (4),

$$(5)\quad S_n(x)-f(x)=f^{\bullet}\left(x+\frac{\pi}{2n}+h_n\right)-S_n^{\bullet}\left(x+\frac{\pi}{2n}+h_n\right)+o'\left(\frac{1}{n}\right),$$

où $h_n=O(1/n^2)$ et valable sur un ensemble ε dont le complémentaire est de mesure nulle.

Nous avons procédé ainsi : A et B étant deux constantes >0, finies et ε_n une suite de nombres tels que $A/n<\varepsilon_n<B/n$, on a :

$$\frac{1}{\pi}\int_{\varepsilon_n}^{\frac{\pi}{2}}\frac{f(x+2t)-f(x)}{\sin t}\sin(2n+1)t\,dt$$
$$=\frac{1}{\pi}\int_{\varepsilon_n}^{\frac{\pi}{2}}\frac{f\left(x+\frac{\pi}{2n+1}+2t\right)-f(x)}{\sin t}\cos(2n+1)t\,dt$$
$$-\frac{2}{\pi}\sin\frac{\pi}{4(2n+1)}\int_{\varepsilon_n}^{\frac{\pi}{2}}\frac{f(x+2t)-f(x)}{\sin^2 t}\cos t\sin(2n+1)t\,dt+\lambda_n\varphi(x)+o'\left(\frac{1}{n}\right),$$

où λ_n est une constante *dépendant de n seulement.*

De même avec

$$\frac{1}{\pi}\int_{\varepsilon_n}^{\frac{\pi}{2}} \frac{f(x-2t)-f(x)}{\sin t}\sin(2n+1)t\,dt$$

D'après un résultat précédent sur l'approximation de $f^{\cdot}(x)$ par $\sigma_n^{\cdot}(x)$, on obtient sur $\mathcal{E}$

$$S_n(x)-f(x)=f^{\cdot}\left(x+\frac{\pi}{2n}+h_n\right)-S_n^{\cdot}\left(x+\frac{\pi}{2n}+h_n\right)+\Lambda_n\varphi(x)+o'\left(\frac{1}{n}\right),$$

où Λ_n est une constante *dépendant de n seulement.* En utilisant une fonction f possédant par exemple une dérivée seconde bornée, on trouve que $\Lambda_n=o(1/n)$. Ce qui prouve (5). D'où :

THÉORÈME. — *$f^{\cdot}(x)$ étant la fonction conjuguée de $f(x)$, intégrale de $\varphi(x)$ sommable, en tout point d'un ensemble $\mathcal{E}$ dont le complémentaire est de mesure nulle et relativement à $\mathcal{E}$, $f^{\cdot}(x)$ admet pour dérivée $\varphi^{\cdot}(x)$.*

Si $f^{\cdot}(x)=\lim_{\varepsilon=0}\frac{1}{\pi}\int_{\varepsilon}^{\frac{\pi}{2}}[f(x+2t)-f(x-2t)]\operatorname{cotg} t\,dt$ *existe en tout point, $f^{\cdot}(x)$ admet presque partout $\varphi^{\cdot}(x)$ pour dérivée.*

TOPOLOGIE. — *Impossibilité de fibrer un espace euclidien par des fibres compactes.* Note de MM. **Armand Borel** et **Jean-Pierre Serre**, présentée par M. Élie Cartan.

Notre but est de démontrer le théorème énoncé au n° 1, confirmant ainsi une hypothèse émise par D. Montgomery et H. Samelson (1) et dont des cas particuliers ont été traités par B. Eckmann, H. Samelson, G. W. Whitehead (2) et, plus récemment, par G. S. Young (3). La démonstration est une simple application de la théorie des espaces fibrés développée par J. Leray.

1. Les espaces fibrés considérés dans cette Note sont localement triviaux; nous ne faisons aucune hypothèse sur le groupe structural.

THÉORÈME. — *Il n'existe pas de fibration de* R^n *à fibre compacte non réduite à un point.*

Dans tout ce qui suit, F et B désigneront respectivement la fibre et la base d'une fibration de R^n. Comme R^n est localement connexe par arc, il en est de même de F et l'on voit immédiatement que les composantes connexes des fibres F définissent également une fibration (localement triviale) de R^n. Il nous suffit donc de démontrer le théorème dans le cas où F est discrète et dans le cas où F est connexe.

---

(1) *Duke Math. Jour.*, 13, 1946, p. 51-56.
(2) *Bull. Am. Math. Soc.*, 55, 1949, p. 433-438.
(3) *Proc. Am. Math. Soc.*, 1, 1950, p. 215-223.

2. *Cas d'une fibre discrète non réduite à un point.* — R^n est alors le revêtement universel de B; le groupe de Poincaré $\pi_1(B)$ est fini, opère sur R^n et tout élément de $\pi_1(B)$ différent de l'élément neutre définit une transformation sans point fixe. En considérant un sous-groupe G de $\pi_1(B)$, d'ordre premier p, on obtient ainsi une contradiction avec un résultat classique de P. A. Smith (4).

Signalons qu'on peut obtenir ce dernier en utilisant un théorème de S. Eilenberg et S. Mac Lane : La cohomologie de R^n étant triviale, celle de R^n/G est isomorphe à celle du groupe G, ce qui est impossible puisque cette dernière est non nulle en toute dimension paire (5).

3. *Cas d'une fibre connexe non réduite à un point.* — Dans la suite, H(X) désigne l'algèbre de cohomologie de Čech à supports compacts de l'espace localement compact X, à coefficients dans un corps k; les espaces considérés ici étant visiblement HLC, cette cohomologie s'identifie d'ailleurs à la cohomologie singulière à supports compacts.

B est simplement connexe (suite exacte d'homotopie) et localement connexe par arc. La théorie de J. Leray (6) montre alors qu'il existe une suite de Leray-Koszul d'algèbres différentielles bigraduées H_1, H_2, ... dont le premier terme est $H_1 = H(F) \otimes H(B)$; H_{i+1} est l'algèbre de cohomologie de H_i pour une différentielle δ_i; pour r assez grand, H_r est indépendant de l'indice r et isomorphe à l'algèbre graduée associée à $H(R^n)$, c'est-à-dire à $H(R^n)$ elle-même puisqu'elle est de dimension 1 sur k comme on va le rappeler. La filtration utilisée ici pour définir cette suite est la filtration f_F de (6a) ou $l = -1$, $m = 0$ de (6b).

Comme $H^i(R^n) = 0$ si $i \neq n$ et $H^n(R^n) = k$, on voit que l'algèbre $H_1 = H(F) \otimes H(B)$ doit posséder au moins un élément non nul de degré total n et en particulier que l'on doit avoir $H^q(B) \neq 0$ pour au moins un entier q. Or B est de dimension $n-1$ au plus [puisque tout point de B admet un voisinage homéomorphe à un sous-ensemble fermé sans point intérieur de R^n(7)], et par suite $q \leqq n-1$. Considérons un élément y non nul de H(B) de degré minimum p et soit 1 l'élément unité de H(F) qui existe, F étant compacte; l'élément $1 \otimes y$ de $H(F) \otimes H(B)$ est un cocycle pour tous les δ_i car il est de degré *filtrant* maximum 0 et δ_i augmente ce degré de i, mais d'autre part, $1 \otimes y$ étant de degré *total* minimum, ne peut être un cobord puisque tous les δ_i augmentent le degré total d'une unité. Il définit donc un élément non nul de H_r (r quelconque) donc de $H^p(R^n)$ ce qui est absurde, car $p \leqq q \leqq n-1$.

---

(4) S. Lefschetz, *Algebraic Topology*, New-York, 1942, App. B.

(5) S. Eilenberg, *Bull. Am. Math. Soc.*, 55, 1949, p. 3-27, n° 11.

(6) *a. Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1784-1786, n° 1; *b. Jour. Math. pur. appl.*, 29, 1950, p. 1-139, passim.

(7) Hurewicz et Wallman, *Dimension Theory*, Princeton, 1948, Theorem IV-3.

4. *Remarques.* — La démonstration du nº 3 vaut encore si l'on remplace R^n par une variété V^n simplement connexe et de même cohomologie à supports compacts que R^n (à coefficients entiers). On peut montrer que le théorème lui-même est valable pour une telle variété, en utilisant dans le cas d'une fibre discrète des résultats de Cartan-Leray ([8]) :

On remarque tout d'abord qu'il suffit de montrer qu'un groupe G cyclique d'ordre premier p ne peut opérer sans point fixe sur V^n. Si maintenant G est sans point fixe on montre, en utilisant la suite de Leray-Koszul de ([8]), p. 85, que $H^{n+q}(V^n/G)$, les coefficients étant les entiers modulo p, est isomorphe à $H^q(G)$ avec les mêmes coefficients, d'où une contradiction puisque, d'après ([5]), $H^q(G) \neq 0$ pour tout q.

AÉRODYNAMIQUE. — *Mesure en soufflerie des dérivées aérodynamiques d'une maquette d'avion par une méthode d'analyse des déplacements.* Note (*) de M. **Michel Scherer**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'étude de la stabilité de la position de vol d'un avion nécessite la connaissance des dérivées aérodynamiques, coefficients des équations différentielles des

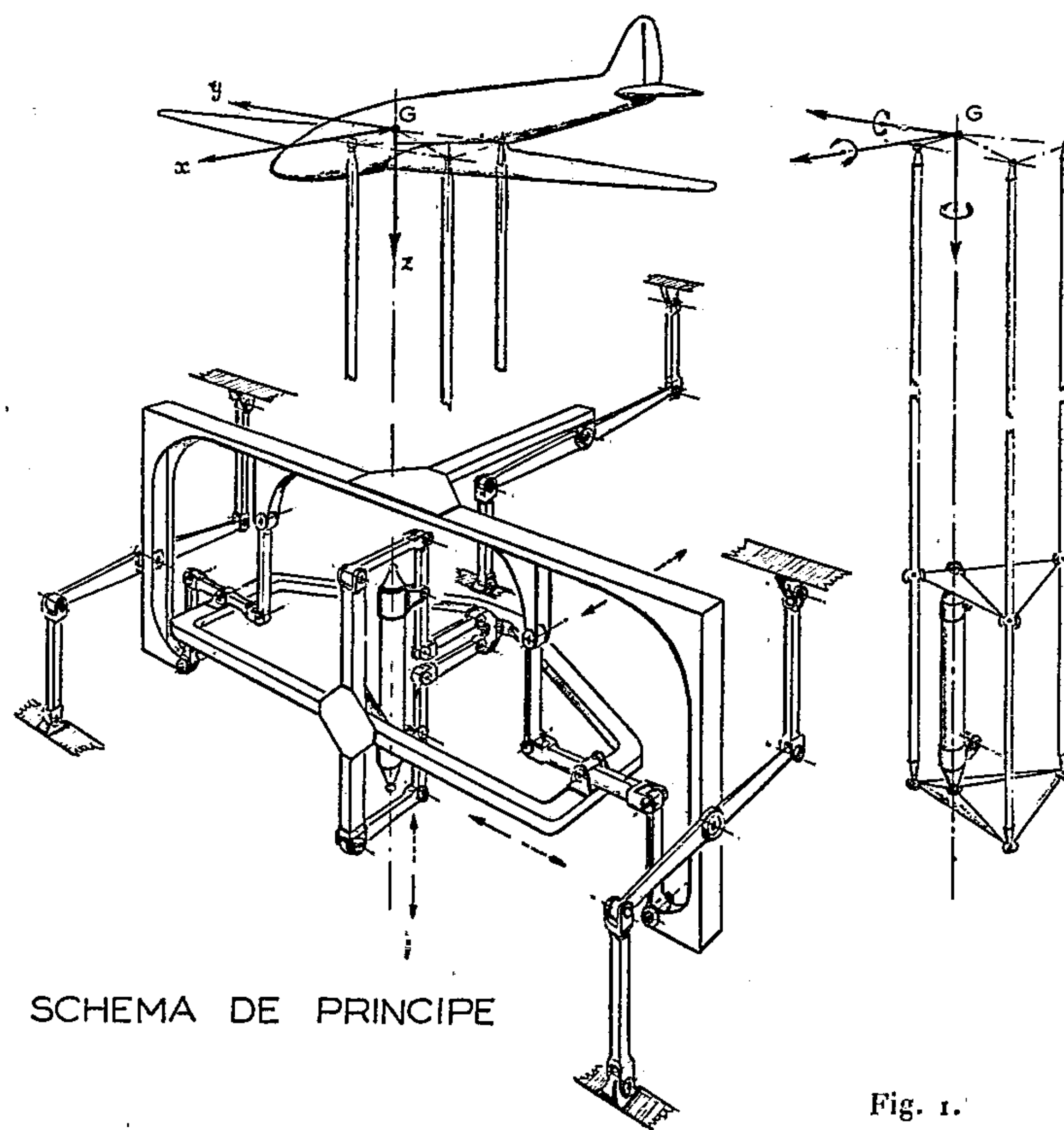


Fig. 1.

petits mouvements autour de cette position de vol. Dans ce but, nous avons

([8]) *Coll. Top. Alg.*, Paris, 1947, p. 83-85.

(*) Séance du 12 juin 1950.

réalisé un montage de soufflerie (*fig.* 1) destiné à décomposer le mouvement d'une maquette suivant 6 degrés de liberté, soient : trois rotations autour du centre de gravité, inclinaison latérale (roulis), tangage, précession autour d'un axe vertical (lacet), et trois translations suivant des directions rectangulaires liées au vent, verticale, latérale et parallèle au vent.

L'échantillonnage de construction a été calculé de façon à alléger au maximum les parties mobiles, tout en assurant à l'ensemble une rigidité suffisante. Grâce aux précautions prises dans la construction des maquettes, les conditions de similitude dynamique sont encore respectées pour une altitude déterminée.

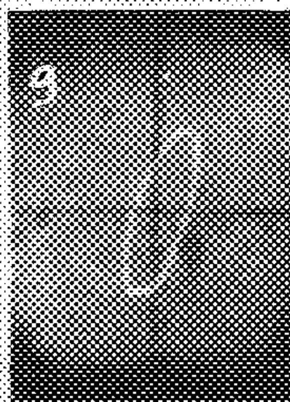


Fig. 2 *a*.

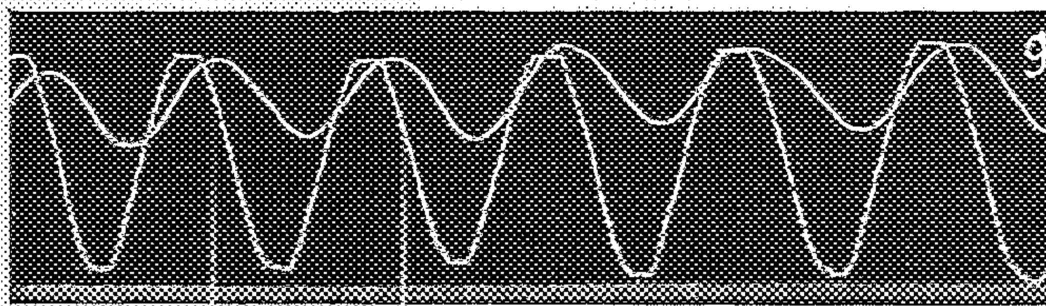


Fig. 2 *b*.

Le montage est prévu pour libérer, bloquer, brider élastiquement par un ressort de module connu, chaque degré de liberté indépendamment des autres. En outre, une excitation harmonique donnant un couple, ou une force d'intensité connue, peut être introduite sur chacun d'eux. La maquette est alors soumise dans le vent à des oscillations forcées à un ou plusieurs degrés de liberté, que l'on entretient à la résonance sur l'une d'elles. En relevant les amplitudes des déplacements, leur déphasage, la fréquence, puis en portant les valeurs ainsi mesurées dans les équations du mouvement, il est facile de remonter aux coefficients cherchés. L'appareillage de mesure utilise une méthode potentiométrique; les indications sont reçues simultanément sur des oscilloscopes pour l'observation en Lissajous et sur des oscillographes enregistreurs en fonction du temps (*fig.* 2 *a* et 2 *b*).

L'étude de la stabilité transversale d'une maquette de bimoteur a été choisie pour thème des premières expériences. La dérivée d'amortissement de

roulis c_{2p}, les dérivées des couples de lacet dus au dérapage c_{nj}, et à la vitesse de lacet c_{nr}, les dérivées des couples de roulis dus au dérapage c_{2j} et à la vitesse de lacet c_{2r}, enfin la dérivée de la force latérale due au dérapage c_{yj} ont été mesurées successivement. Les coefficients c correspondent aux gradients angulaires des coefficients sans dimension usuels, le volume de référence étant le produit de la surface de l'aile par l'envergure; les angles sont : les rapports des vitesses de rotation (en lacet et roulis) de l'extrémité de l'aile à la vitesse du courant d'air, et, pour le dérapage l'angle formé par l'axe longitudinal de l'avion et la vitesse du courant d'air.

L'allongement de la voilure est de 8,5; la surface de la dérive 12 % de celle de l'aile, sa distance au centre de gravité quatre fois la corde moyenne. L'incidence de vol correspond à un c_z de 0,8.

Les résultats obtenus sont : c_{2p} 0,515; c_{2j} — 0,075 à — 0,059; c_{2r} 0,078 à 0,033; c_{np} négligeable; c_{nj} — 0,065; c_{nr} 0,35 à 0,25; c_{yj} 0,69.

Les ordres de grandeur de ces valeurs correspondent bien aux prévisions théoriques et sont comparables à ceux trouvés par d'autres méthodes expérimentales.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie de l'effet Compton généralisé des particules de spin $\hbar$.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul de la section efficace de diffusion dans le processus généralisant l'effet Compton dans lequel un corpuscule de Dirac de spin $\hbar/2$ absorbe un corpuscule de spin $\hbar$ vectoriel transversal et émet un corpuscule de même type, mais non nécessairement de même masse. Cas limite : formule de Klein-Nishina tenant compte du mouvement du corpuscule diffuseur.

Nous considérons le phénomène généralisant l'effet Compton dans lequel un corpuscule (A), de spin $\hbar/2$, dont les fonctions d'ondes sont solutions de l'équation de Dirac, de masse réduite $\mu_A = m_A c/\hbar$, initialement dans un état d'onde plane à énergie positive, d'énergie et impulsion réduites K_0, $\mathbf{K}_0$, $(K_0^2 = \mathbf{K}_0^2 + \mu_A^2)$, absorbe un corpuscule de champ C_0, de masse, énergie et impulsion réduites μ_0, k_0, $\mathbf{k}_0$, $(k_0^2 = \mathbf{k}_0^2 + \mu_0^2)$, et émet un corpuscule de champ C_1 de masse, énergie et impulsion réduites μ_1, k_1, $\mathbf{k}_1$, $(k_1^2 = \mathbf{k}_1^2 + \mu_1^2)$; (A) se trouve finalement dans l'état d'onde plane à énergie positive caractérisé par K_1, $\mathbf{K}_1$, $(K_1^2 = \mathbf{K}_1^2 + \mu_A^2)$.

Nous supposerons les champs C_0 et C_1 constitués par des particules de spin $\hbar$ ayant les caractères de photons ou de mésons vectoriels neutres, représentés seulement par des ondes planes de type transversal. Nous désignerons par $\mathbf{n}$ et $\mathbf{n}'$ les vecteurs polarisation des ondes C_0 et C_1, $[\mathbf{n}^2 = 1, \mathbf{n}'^2 = 1, (\mathbf{n}\mathbf{k}_0) = 0, (\mathbf{n}'\mathbf{k}_1) = 0)$.

La conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement dans la trans-

formation globale nous donne les relations

(1) $$K_0 + k_0 = K_1 + k_1, \qquad \mathbf{K}_0 + \mathbf{k}_0 = \mathbf{K}_1 + \mathbf{k}_1.$$

Afin de faciliter l'écriture, nous représenterons par $[K_i K_j]$, $[k_i K_j]$, $[k_i k_j]$ les formes covariantes $[-K_i K_j + (\mathbf{K}_i . \mathbf{K}_j)]$, $[-k_i K_j + (\mathbf{k}_i . \mathbf{K}_j)]$, $[-k_i k_j + (\mathbf{k}_i . \mathbf{k}_j)]$, d'où $[K_0^2] = -\mu_A^2$, $[k_0^2] = -\mu_0^2$, $[k_1^2] = -\mu_1^2$.

A partir de (1) nous avons les relations

$$2[k_0 K_0] - \mu_0^2 = 2[k_1 K_1] - \mu_1^2,$$
$$2[k_1 K_0] + \mu_1^2 = 2[k_0 K_1] + \mu_0^2, \mu_A^2 + [K_0 K_1] = [k_0 K_0] - [k_1 K_0],$$
$$\mu_A^2 + [K_0 K_1] = [k_1 K_1] - [k_0 K_1], 2\mu_A^2 + 2[K_0 K_1] = \mu_0^2 + \mu_1^2 + 2[k_0 k_1].$$

Les éléments de matrice d'absorption du quantum C_0 et d'émission du quantum C_1 étant de la forme

$$H^{(1)-}_{A_0, A'; \mathbf{k}_0, 0} = \left(\frac{\hbar c}{2 k_0}\right)^{\frac{1}{2}} g_0 a_0^* (\mathbf{n}\alpha) a'; \qquad H^{(1)+}_{A', A_1; 0, \mathbf{k}_1} = \left(\frac{\hbar c}{2 k_1}\right)^{\frac{1}{2}} g_1 a'^* (\mathbf{n}'\alpha) a_1,$$

g_0, g_1 représentant les constantes de couplage des champs C_0 et C_1 avec le corpuscule A, l'élément de matrice global de la transformation s'écrira

$$H'^{(1)}_{A_0, A_1; \mathbf{k}_0, \mathbf{k}_1} = \frac{g_0 g_1}{2\sqrt{k_0 k_1}} a_0^* \left\{ \frac{(\mathbf{n}\alpha)[K_0 - (\mathbf{K}_0 \alpha) - \mu_A \alpha_4 + k_0 - (\mathbf{k}_0 \alpha)](\mathbf{n}'\alpha)}{D_0} + \frac{(\mathbf{n}'\alpha)[K_0 - (\mathbf{K}_0 \alpha) - \mu_A \alpha_4 - k_1 + (\mathbf{k}_1 \alpha)](\mathbf{n}\alpha)}{D_1} \right\}$$

avec

$$D_0 = \mu_0^2 + 2[k_0 K_0 - (\mathbf{k}_0 \mathbf{K}_0)] = \mu_0^2 - 2[k_0 K_0] = \mu_1^2 - 2[k_1 K_1],$$
$$D_1 = \mu_1^2 - 2[k_1 K_0 - (\mathbf{k}_1 \mathbf{K}_0)] = \mu_1^2 + 2[k_1 K_0] = \mu_0^2 + 2[k_0 K_1].$$

La section efficace correspondant à l'émission du quantum C_1 dans l'angle solide $d\Omega_{\mathbf{k}_1}$ autour de la direction $\mathbf{k}_1$, le corpuscule A étant projeté dans la direction $\mathbf{K}_1$ a pour expression

(1) $$d\sigma = (2\pi^2 \hbar^2 c^2)^{-1} |H'^{(1)}|^2 \varphi_0^{-1} K_0 k_0 k_1 |\mathbf{k}_1| \frac{dk_1}{dK_f} d\Omega_{\mathbf{k}_1}$$

avec

$$\varphi_0 = [(\mathbf{k}_0 K_0 - \mathbf{K}_0 k_0)^2 - (\mathbf{k}_0 \wedge \mathbf{K}_0)^2]^{\frac{1}{2}} = \left[\left(k_0 K_0 - (\mathbf{k}_0 \mathbf{K}_0)\right)^2 - \mu_0^2 \mu_A^2\right]^{\frac{1}{2}},$$
$$\frac{dk_1}{dK_f} = K_1 |\mathbf{k}_1|^2 [\mathbf{k}_1 (\mathbf{k}_1 K_1 - \mathbf{K}_1 k_1)]^{-1}$$
$$= K_1 |\mathbf{k}_1|^2 \left[k_1 \left(k_0 K_0 - (\mathbf{k}_0 \mathbf{K}_0)\right) - K_1 \mu_1^2 + k_1 \left(\frac{\mu_0^2 - \mu_1^2}{2}\right)\right]^{-1}.$$

L'évaluation de $|H'^{(1)}|^2$ en sommant sur les états intermédiaires par la méthode de Casimir donne à l'issue d'un calcul assez long l'expression

(2) $$|H'^{(1)}|^2 = \frac{g_0^2 g_1^2}{4 k_0 k_1 K_0 K_1} |S|^2$$

avec

$$|S|^2 = \frac{1}{2}[\mu_0^2\mu_1^2 - D_0 D_1]\left[\left(\frac{1}{D_0} - \frac{1}{D_1}\right)^2 + 4\frac{(\mathbf{n} \wedge \mathbf{n}')^2}{D_0 D_1}\right]$$
$$+ 8(\mathbf{nn}')\left[\frac{[\mathbf{n}\mathbf{K}_0][\mathbf{n}'\mathbf{K}_1]}{D_0} + \frac{[\mathbf{n}'\mathbf{K}_0][\mathbf{n}\mathbf{K}_1]}{D_1}\right] + 8\left[\frac{[\mathbf{n}\mathbf{K}_0][\mathbf{n}'\mathbf{K}_1]}{D_0} + \frac{[\mathbf{n}'\mathbf{K}_0][\mathbf{n}\mathbf{K}_1]}{D_1}\right]^2$$
$$- 2\mu_0^2\left[\left(\frac{[\mathbf{n}'\mathbf{K}_0]}{D_1} + \frac{[\mathbf{n}'\mathbf{K}_1]}{D_0}\right)^2 - \frac{[\mathbf{n}\mathbf{k}_1]^2}{D_0 D_1}\right] - 2\mu_1^2\left[\left(\frac{[\mathbf{n}\mathbf{K}_0]}{D_0} + \frac{[\mathbf{n}\mathbf{K}_1]}{D_1}\right)^2 - \frac{[\mathbf{n}'\mathbf{k}_0]^2}{D_0 D_1}\right].$$

En introduisant cette expression dans (2) et reportant dans (1) ou obtient une expression générale de la section efficace $d\sigma$ valable aussi bien pour l'effet Compton mésique vectoriel ($\mu_0 \neq 0$, $\mu_1 \neq 0$) que pour les effets Compton mésophotonique ($\mu_0 \neq 0$, $\mu_1 = 0$), ou photomésique ($\mu_0 = 0$, $\mu_1 \neq 0$) et redonnant facilement pour le cas photonique ($\mu_0 = 0$, $\mu_1 = 0$, $g_0 = g_1 = e$) la formule de Klein-Nishina complète (tenant compte du mouvement du centre diffuseur). Posant $(\mathbf{nn}') = \cos\varphi$, on a dans ce cas

$$d\sigma = \frac{e^4}{4\pi^2\hbar^2 c^2}\,\frac{1}{4}\,\frac{(k_1)^2\,d\Omega_{\mathbf{k}_1}}{[k_0 K_0 - (\mathbf{k}_0\mathbf{K}_0)]^2}$$
$$\times\left\{\frac{[k_0 K_0]}{[k_1 K_0]} + \frac{[k_1 K_0]}{[k_0 K_0]} + \cos 2\varphi - 8(\mathbf{nn}')\left[\frac{[\mathbf{n}\mathbf{K}_0][\mathbf{n}'\mathbf{K}_1]}{[k_0 K_0]} - \frac{[\mathbf{n}'\mathbf{K}_0][\mathbf{n}\mathbf{K}_1]}{[k_1 K_0]}\right]\right.$$
$$\left. + 4\left[\frac{[\mathbf{n}\mathbf{K}_0][\mathbf{n}'\mathbf{K}_1]}{[k_0 K_0]} - \frac{[\mathbf{n}'\mathbf{K}_0][\mathbf{n}\mathbf{K}_1]}{[k_1 K_0]}\right]^2\right\}.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Exemples d'applications de la représentation des notions fondamentales de la mécanique par des fonctions unilatérales* (1). Note de M. **Léon Motchane**, présentée par M. Louis de Broglie.

On trouvera ici deux exemples annoncés dans [1] de calcul de quantification sans l'aide de l'équation d'onde. Les grandeurs physiques sont représentées par des fonctions définies unilatérales supposées, dans ces exemples, indéfiniment dérivables à gauche [1]. Cette restriction n'exclut pas les grandeurs représentables par les séries de Fourier et les phénomènes périodiques; une grandeur s admet un développement taylorien en fonction d'un paramètre q.

$$s = \psi(q) + s_0 + \frac{q}{1}s_1 + \ldots \frac{q^n}{n}s_n + \ldots, \tag{1}$$

où $\psi(q)$ est continue et chaque $s_n (n = 0, 1, \ldots)$, une constante généralisée, c'est-à-dire fonction ayant en chaque point sa dérivée gauche nulle (fonctions en escalier). Pour que $S = s - \psi(q)$ soit déterminé, il faut connaître pour tout n, $s_n = \Sigma\omega_{n,i}\varepsilon_{n,i}$, donc la répartition des points des sauts, formant des

(1) Voir *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 581-583, Note désignée par [1].

ensembles clairsemés droits $E(q_n)$, et la valeur des $\omega_{n,i}$ avec leur signe $\varepsilon_{n,i} = \pm 1$, sur les semi-contigus de $E(q_n)$.

1. *Exemple élémentaire.* — $\psi(q)$ est justiciable de la mécanique newtonienne. Pour mettre en évidence la signification de $S = s - \psi(q)$, imaginons une structure à caractère périodique très simple des constantes généralisée et cherchons si un phénomène physique lui correspond.

Les points de $E(q_n)$ seront équidistants de $\Delta q = 1/\lambda$ fixe; mais les $q \in E(q_{2n})$ seront décalés par rapport aux $q \in E(q_{2n+1})$ de $\Delta q/2$. Les $\omega_{n,i}$ seront tous égaux à ω et $\varepsilon_{n,i} \equiv +1$. La dimension physique de s_n étant pour tout n, ds_{n-1}/dq on a $\omega_n = \lambda \omega_{n-1}$. On peut écrire la matrice

$$(A) \quad \left| \begin{array}{cccccccccc} .. & 0 & \frac{\Delta q}{2} & \Delta q & \cdots & \cdots & \cdots & k\Delta q & \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ s_0 & . & \omega & \cdots & 2\omega & \cdots & k\omega & \cdots & (k+1)\omega & \cdots\cdots \\ s_1 & . & .. & \omega\lambda & \cdots & 2\omega\lambda & \cdots & k\omega\lambda & \cdots\cdots & (k+1)\omega\lambda \\ s_2 & . & \omega\lambda^2 & \cdots & 2\omega\lambda_2 & \cdots & k\omega\lambda^2 & \cdots & (k+1)\omega\lambda^2 & \cdots\cdots \\ .. & . & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots \end{array} \right| .$$

Assignons les dimensions de longueur à s_0, de temps à q; s_1 aura celle de vitesse, s_2 celle d'accélération, etc. La variation de l'énergie cinétique d'une masse m associée au mouvement (A) dans un intervalle *arbitrairement court mais contenant un point de singularité* $q \in E(q_1)$ sera égale à

$$\frac{1}{2}[m(k+1)^2\omega^2\lambda^2 - mk^2\omega^2\lambda^2] = \frac{1}{2} m\omega^2\lambda^2[(k+1)^2 - k^2] = m\omega^2\lambda^2\left(k + \frac{1}{2}\right).$$

On déterminera la valeur des constantes généralisées au moyen de h; on a vitesse $\omega/\Delta q = \omega\lambda$, d'où $m\omega\lambda = p$ moment et $m\omega^2\lambda = h$; la période étant $1/\Delta q = \lambda = \nu$, $m\omega^2\lambda^2 = h\nu$, d'où l'énergie cinétique au k^e intervalle (ou état) $E_k = [k + (1/2)]h\nu$.

Le mouvement (A) est du type *oscillateur harmonique*. On peut s'en rendre compte en calculant le potentiel $V = \int_0^x A_x \, dx$ où A_x est le vecteur-champ. On a $s_2 = \omega/\Delta q^2$ et $ds_0 = d\omega$; en posant $R = m/\Delta q^2$, on trouve

$$V = \int_0^x m s_2 \, ds_0 = R \int_0^x \omega \, d\omega = \frac{Rx^2}{2}.$$

On voit pourquoi la quantification $E_n = nh\nu$ de Planck était insuffisante : les états quantiques apparaissent uniquement en présence d'un point $q \in E(q_n)$; or $E(q_1)$ et $E(q_2)$ sont décalés l'un par rapport à l'autre et $E(q_1) + E(q_2)$ contient, dans un intervalle suffisamment petit, un seul point singulier, soit $q \in E(q_1)$ ou $q \in E(q_2)$. En d'autres termes, les énergies potentielle et cinétique contribuent alternativement aux changements quantiques. Si l'on

suppose k continue et si l'on fait la somme d'une colonne de (A) en tenant compte de (1), on obtient $S = k\omega e^{\lambda q}$ qui donne une *pseudo-extension en phase*. Pour que (A) soit effectivement la matrice de l'oscillateur harmonique, il faut choisir un ensemble convenable de $\varepsilon_{n,i} = \pm 1$. On voit alors que la périodicité et les décalages des maxima et des minima correspondent à l'alternance de sin et de cos, et il apparaît un lien étroit avec le calcul de Broglie-Schrödinger.

2. *Le rotateur sphérique.* — Imaginons deux variables dynamiques : $\vec{p}$ moment, $\vec{q}$ position d'une masse sur une sphère. Pour t très petit, seuls comptent les premiers termes de (1), $\vec{p} = \Sigma \vec{a}_i$, $\vec{q} = \Sigma \vec{b}_i$. Formons les matrices

$$\vec{p}\,\vec{q} = \vec{b}_1 \Sigma \vec{a}_i + \vec{b}_2 \Sigma \vec{a}_i + \ldots \qquad \text{et} \qquad \vec{q}\,\vec{p} = \vec{a}_1 \Sigma \vec{b}_i + \vec{a}_2 \Sigma \vec{b}_i + \ldots$$

$$\vec{p}\,\vec{q} \left| \begin{matrix} \vec{b}_1\vec{a}_1 & \vec{b}_2\vec{a}_1 & \ldots & \ldots & \ldots \\ \vec{b}_1\vec{a}_2 & \vec{b}_2\vec{a}_2 & \ldots & \ldots & \ldots \\ \ldots & \vec{b}_2\vec{a}_3 & \ldots & \vec{b}_n\vec{a}_{n-1} & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \vec{b}_n\,\vec{a}_n & \vec{b}_{n+1}\,\vec{a}_n \\ \ldots & \ldots & \ldots & \vec{b}_n\vec{a}_{n+1} & \vec{b}_{n+1}\,\vec{a}_{n+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \vec{b}_{n+1}\,\vec{a}_{n+2} \end{matrix} \right|, \qquad \vec{q}\,\vec{p} \left| \begin{matrix} \vec{a}_1\vec{b}_1 & \vec{a}_2\vec{b}_1 & \ldots & \ldots & \ldots \\ \vec{a}_1\vec{b}_2 & \vec{a}_2\vec{b}_2 & \ldots & \ldots & \ldots \\ \ldots & \vec{a}_2\vec{b}_3 & \ldots & \vec{a}_n\vec{b}_{n-1} & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \vec{a}_n\,\vec{b}_n & \vec{a}_{n+1}\,\vec{b}_h \\ \ldots & \ldots & \ldots & \vec{a}_n\vec{b}_{n+1} & \vec{a}_{n+1}\,\vec{b}_{n+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \vec{a}_{n+1}\,\vec{b}_{n+2} \end{matrix} \right|, \quad \ldots$$

Les produits physiquement mesurables $\vec{p}\,\vec{q}$ (énergie dans un intervalle de temps court) sont inscrits dans les matrices par des termes dont les indices ne diffèrent que d'une unité au plus [2]. Sur la diagonale principale $b_n a_n - a_n b_n = 0$; à l'approximation correspondante $\vec{p}$ et $\vec{q}$ sont colinéaires et la trajectoire est un grand cercle. Mais, d'une façon générale, on a la non-commutation

$$\vec{p}\,\vec{q} - \vec{q}\,\vec{p} = \vec{b}_n\vec{a}_{n-1} - \vec{a}_n\vec{b}_{n-1} \neq 0;$$

les trajectoires *peuvent ne pas être des grands cercles*. Les états quantiques sont $E_n = a_n b_{n'}$ ($n' = n + \varepsilon$, $\varepsilon = -1, 0, +1$). En absence de potentiel et de perturbation, par raison de symétrie, on a

$$|\vec{a}_n| = n|\vec{p}_0|, \qquad b_{n'} = n'|\vec{q}_0| \qquad \text{et} \qquad |\vec{p}_0\,\vec{q}_0| = \frac{h^2}{8\pi^2 I},$$

suivant la théorie classique. D'où $E_n = a_{n+1} b_n = [n(n+1)h^2/8\pi^2 I]$ pour le rotateur sphérique et $E_n = a_n b_n = [n^2 h^2/8\pi^2 I]$ pour le rotateur plan.

---

(2) $\vec{p}\,\vec{q}$ ou $\vec{q}\,\vec{p}$ mesurés sur le même contigu, ou sur deux contigus adjacents.

PHYSIQUE. — *La détermination au mieux, par la* condition de moindre imprécision, *d'une fonction des coefficients d'une courbe expérimentale.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons, dans diverses Notes (¹), indiqué, au moins dans le principe, comment déterminer les coefficients d'une courbe expérimentale de telle façon que l'imprécision des données se fît sentir le moins possible. Le problème est différent selon que l'on cherche la moindre imprécision sur l'ensemble de la *courbe* expérimentale, ou sur tel *paramètre* de la formule représentative. Ce dernier problème est assez facile quand les paramètres figurent linéairement dans la formule.

Nous rappelons que la méthode consiste à égaler la valeur moyenne de la fonction représentative et de la donnée expérimentale dans chacun des intervalles partiels, en nombre égal au nombre des paramètres, en lesquels on décompose l'intervalle expérimental, cette partition étant telle que les imprécisions de chacune des données ait la même influence en valeur absolue sur l'imprécision du résultat. S'il s'agit de déterminer au mieux la courbe ou l'un de ses coefficients, on trouve des règles de partition absolues, indépendantes des valeurs des paramètres, lorsque ceux-ci figurent linéairement. Nous nous proposons de montrer sur un exemple comment il faut pratiquement conduire la recherche lorsqu'il ne s'agit plus de paramètres *linéaires* ou de combinaisons *linéaires* de tels paramètres.

Soit à déterminer la *période d'une sinusoïde faiblement amortie* dont on connaît environ une alternance au plus. On peut, pour chercher la meilleure partition, styliser en un polynôme approché :

$$y = \mathrm{A}x - \mathrm{B}x^2 - \mathrm{C}x^3, \qquad (1)$$

la période calculée T étant voisine de $2\sqrt{\mathrm{A:C}}$. Soit $(0, 1)$ l'intervalle expérimental, $(0,\alpha)$, (α,β), $(\beta,1)$ les intervalles partiels. Nous supposerons, dans ce calcul de dégrossissage, que les ordonnées expérimentales, équidistantes, sont assez nombreuses pour qu'on puisse assimiler l'intégrale définie au produit, par l'équidistance ε, de la somme Y des ordonnées. En désignant ainsi par Y_1, Y_2, Y_3, les sommes des ordonnées expérimentales relatives à

(*) Séance du 12 juin 1950.

(¹) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 568; **216**, 1943, p. 33, 148 et 289; **221**, 1945, p. 609; **227**, 1948, p. 897.

chacun des intervalles partiels, on écrit les conditions

$$\text{(I)}\quad \begin{cases} \dfrac{A\alpha^2}{2} - \dfrac{B\alpha^3}{3} - \dfrac{C\alpha^4}{4} = Y_1\varepsilon, \\ \dfrac{A\beta^2}{2} - \dfrac{B\beta^3}{3} - \dfrac{C\beta^4}{4} = (Y_1 + Y_2)\varepsilon, \\ \dfrac{A}{2} - \dfrac{B}{3} - \dfrac{C}{4} = (Y_1 + Y_2 + Y_3)\varepsilon. \end{cases}$$

D'où il suit qu'en posant $\delta_j = \varepsilon\Sigma_{Y_j}\delta y_i$, et appelant a, b, c les variations respectives de A, B, C consécutives aux δ, on formera par différentiation de (I), le système (II) donnant a, b, c en fonction linéaire de δ_1, δ_2, δ_3

$$\text{(II)}\quad \begin{cases} \dfrac{a\alpha^2}{2} - \dfrac{b\alpha^3}{3} - \dfrac{c\alpha^4}{4} = \delta_1, \\ \dfrac{a\beta^2}{2} - \dfrac{b\beta^3}{3} - \dfrac{c\beta^4}{4} = \delta_1 + \delta_2, \\ \dfrac{a}{2} - \dfrac{b}{3} - \dfrac{c}{4} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3. \end{cases}$$

Or

$$(2)\quad \delta T = \frac{a}{\sqrt{A}\,\sqrt{C}} - \frac{\sqrt{A}}{C\sqrt{C}}c = \frac{1}{\sqrt{AC}}\left[a - \frac{T^2}{4}c\right].$$

On déduira de (2) l'expression de l'imprécision δT sur la période en fonction de δ_1, δ_2, δ_3, et pour avoir les conditions de l'imprécision minimum, on écrira l'égalité des valeurs absolues (elles se mettent en évidence) des coefficients de chacun des δ. Donnons seulement le résultat du calcul :

$$\text{(III)}\quad \begin{cases} (T^2 - 1)\left(\beta + \dfrac{\alpha^2}{\alpha + \beta}\right) + 2(\alpha^2 + \beta^2) = T^2, \\ 2\beta^2(\beta - a)(2\alpha\beta + T^2) = (1 - \alpha)(T^2 + 2\alpha). \end{cases}$$

L'intervalle expérimental valant 1, le simple examen du graphique donnera une valeur approchée de T. La valeur la plus favorable de T est forcément voisine de 2, la stylisation (1) étant insuffisante si l'intervalle expérimenté contient plus d'une demi-période. On résout facilement le système (III), par approximations successives, pour chaque valeur de T.

Pour $T = 2$, on trouve

$$\alpha = 0{,}493, \qquad \beta = 0{,}853.$$

Pour T grand, on a les valeurs peu différentes

$$\alpha = 0{,}46, \qquad \beta = 0{,}84.$$

La partition étant ainsi déterminée, on calcule, par une équation transcendante facile conduisant à une courbe simple, la période de la sinusoïde amortie effective, puis l'amortissement et l'amplitude.

ACOUSTIQUE. — *Sur la visualisation des phénomènes vibratoires dans un tuyau sonore.* Note (*) de MM. Charles Chartier, Joseph Bourot et Jean Noël, présentée par M. Henri Villat.

Les procédés classiques d'étude expérimentale des phénomènes vibratoires dans les tuyaux sonores présentent de graves imperfections : en particulier, ils ne permettent qu'une détermination très approximative de la position des nœuds et des ventres de vibration, comme des élongations aux différents points du tuyau.

La méthode de visualisation chronophotographique par suspensions solides apporte à ces questions une réponse précise; en outre, elle décèle les perturbations et les circulations qui accompagnent souvent le phénomène vibratoire, ainsi que les régimes transitoires qui se manifestent avant l'établissement de l'onde stationnaire; elle permet enfin de suivre la variation de l'état vibratoire en fonction de chacun des paramètres dont il dépend : par exemple, elle montre comment évoluent les phénomènes quand on fait octavier ou quintoyer le tuyau, ou quand on perce une ouverture dans sa paroi, ou encore quand, partant d'un tuyau ouvert, on ferme progressivement son extrémité libre.

L'étude théorique des suspensions solides dans un tuyau gazeux ([1]) permet de fixer les limites de validité de la visualisation et de déterminer le coefficient d'entraînement des poudres qu'il convient d'utiliser.

En remarquant que l'amplitude de la vibration reste toujours petite devant la longueur d'onde, on peut considérer que tous les éléments gazeux de la région balayée par une particule solide vibrent en phase et avec même amplitude.

Dans ces conditions, en désignant par A et ω l'amplitude et la pulsation de la vibration de l'air, l'élongation X d'une particule est donnée à l'instant t par l'équation

$$X = A\left(1 - \frac{\omega^2}{2K^2}\right)\sin(\omega t - \varphi),$$

K étant le coefficient d'entraînement de la particule ([2]).

Le déphasage entre la vibration de la particule et celle de l'air est tel que

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\omega}{K}$$

et l'écart d'élongation est

$$\varepsilon = \frac{\omega^2}{2K^2}.$$

(*) Séance du 19 juin 1950.

([1]) J. M. Bourot, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1424.

([2]) J. M. Bourot, *Pub. Sc. et Techn. du Ministère de l'Air*, **226**, 1948.

La visualisation sera donc d'autant plus fidèle que la poudre sera plus fine et la fréquence plus faible. L'application de ces formules montre qu'il est possible de visualiser des vibrations de fréquence assez grande (de l'ordre de 1000 Hz), avec des poudres d'aluminium usuelles et dans de bonnes conditions de fidélité.

Pour nos premières expériences, nous avons fait construire un tuyau ouvert, donnant l'*ut* de 16 pieds :

$$ut_0 = 32 \text{ Hz}.$$

La longueur totale de ce tuyau dépasse 6^m, la hauteur de bouche est de 15^{cm}, et l'amplitude A aux points d'élongation maximum atteint 1^{cm}, pour une pression de 80^{cm} d'eau.

Dans ces conditions, une poudre de finesse moyenne ($K = 5000$) donne un déphasage de 0,04 radian et un écart relatif d'amplitude inférieur au millième.

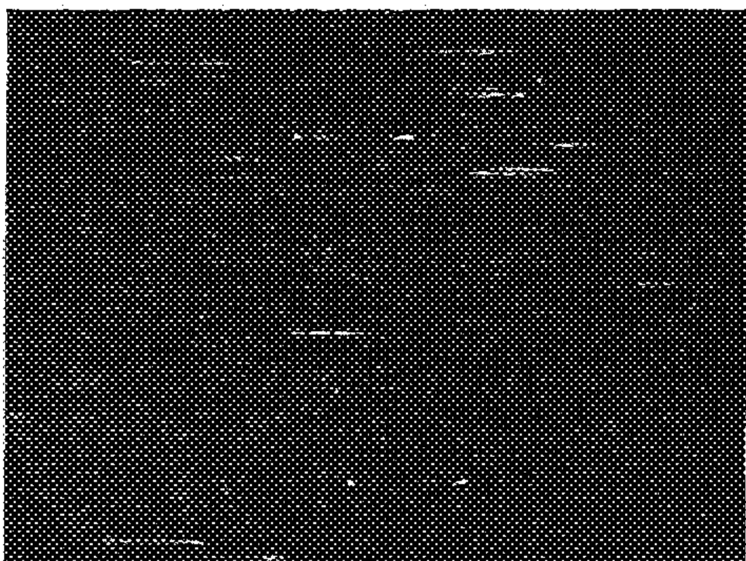


Fig. 1.

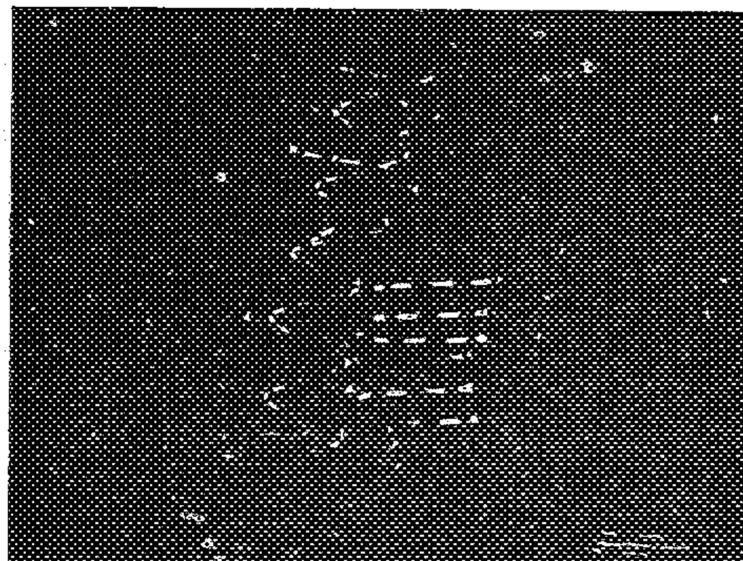


Fig. 2.

En photographiant les particules en éclairage continu, on obtient seulement la valeur de l'amplitude vibratoire (*fig.* 1); en interrompant périodiquement la lumière, on peut étudier l'hodographe du mouvement, la sinusoïde étant étalée par un miroir tournant (*fig.* 2).

Les expériences ont également décelé des phénomènes d'oscillation systématique des particules, au rythme de la vibration; leur étude précisera la théorie de l'orientation des lamelles en suspension, théorie dont les principes ont été récemment exposés par l'un de nous (³).

(³) J.-M. Bourot et J.-J. Moreau, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1628.

ÉLECTRONIQUE. — *Détection d'impulsions lumineuses brèves à l'aide d'un montage à multiplicateurs d'électrons.* Note de M. **François Valentin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Ces impulsions lumineuses sont obtenues en alimentant un arc à vapeur de mercure par des décharges condensées ([1]); l'expérience montre que le rendement lumineux de ce tube n'est pas modifié : pour une même puissance moyenne d'alimentation et une cadence de répétition déterminée, la brillance instantanée est inversement proportionnelle à la durée de l'éclair.

On obtient ainsi sans difficulté, à la cadence de 50 par seconde, des éclairs de $20^{\mu s}$ dont la brillance instantanée est 1000 fois supérieure à la brillance du tube en régime normal. On pourrait augmenter la brillance, sans dépasser la puissance moyenne prévue par le constructeur, en réduisant davantage la durée de l'éclair, c'est-à-dire en utilisant un condensateur de capacité plus faible, mais qu'il faudrait alors charger à une tension plus élevée. Dans les phénomènes de diffusion moléculaire de la lumière (effet Rayleigh ou Raman), la réémission est instantanée et, avec notre source à impulsions, la lumière diffusée consiste, elle aussi, en éclairs de structure identique à ceux de la lumière incidente. Cette diffusion est reçue sur une cellule à multiplicateurs d'électrons suivie d'un amplificateur convenable.

Cette lumière modulée rend inutile l'emploi d'un montage amplificateur *à courant continu,* dont on connaît les multiples inconvénients : citons pour mémoire la dérive de l'amplificateur et l'effet flicker, dû à la première cathode de l'amplificateur et dont le spectre de Fourier ne comprend que des fréquences très basses. En revanche, l'amplificateur à courant variable devra posséder une bande passante plus large, car il faut amplifier le signal sans déformation si l'on veut conserver l'avantage que constitue sa crête élevée.

L'amplification directe d'un signal synchronisé par le secteur aurait été délicate : il aurait fallu, pour s'affranchir des inductions à 50 Hz, utiliser un montage alimenté totalement par des accumulateurs et soigneusement blindé. Au contraire, en modulant le signal en haute fréquence, nous avons pu utiliser une alimentation totale sur le secteur, tant pour l'amplificateur que pour le multiplicateur. La bande passante nécessaire restant du même ordre, le bruit de fond ne sera pas plus élevé. Le seul inconvénient est que ce procédé amplifie également le courant d'obscurité de la cellule, mais on se débarrasse facilement de la tension résultante après démodulation.

En pratique, la tension sinusoïdale de modulation est simplement superposée à la tension constante d'alimentation normale des dynodes de la cellule, le fractionnement régulier de la tension pour l'alimentation des différents étages

---

([1]) F. Valentin et R. Monicard, *Journal de Physique*, 11, 1950, 14. S.

étant obtenu par une chaîne à éléments résistance-capacité identiques, en série parallèle. Pour éviter toute excitation directe de la chaîne amplificatrice par la tension haute fréquence d'alimentation de la cellule, on a choisi pour cette dernière fréquence un multiple de la précédente; la fréquence harmonique, sur laquelle l'amplificateur est accordé, est obtenue par la caractéristique exponentielle tension-courant du multiplicateur.

Sensibilité comparée de ce montage et du montage classique à courant continu. — Soient τ (sec) la durée de l'éclair pour une fréquence de répétition de 50 Hz et B la brillance moyenne du tube à vapeur de mercure, la brillance instantanée sera $B/50\,\tau$. La pratique des récepteurs de radar indique que pour amplifier un signal bref dans les meilleures conditions par rapport au bruit de fond, la bande passante de l'amplificateur doit être égale à $1{,}2/\tau$ Hz. Les fluctuations du courant d'obscurité de la cellule, proportionnelles à la racine carrée de la bande passante, sont égales à $K\sqrt{1{,}2/\tau}$. Le rapport *signal sur bruit* est donc dans le cas du présent montage : $r_1 = (B/50\,\tau)\left(\sqrt{\tau}/1{,}1\ K\right) = B/55\ K\sqrt{\tau}$. Dans le cas du montage classique et en limitant la bande passante à 0,2 Hz (ce qui est un minimum), on a pour le rapport analogue dans les mêmes conditions expérimentales : $r_2 = B/K\sqrt{0{,}2}$. Le rapport des sensibilités est donc $r_1/r_2 = \sqrt{0{,}2}/55\sqrt{\tau}$. *La réduction de la durée de l'éclair τ doit donc permettre d'abaisser considérablement le seuil de détection.*

La sensibilité est identique pour les deux montages lorsque τ est égal à $80^{\mu s}$. Avec le générateur d'impulsions précédemment décrit ([1]) nous avons obtenu des éclairs de $10^{\mu s}$ et donc une sensibilité déjà trois fois plus grande. Il paraît facile d'abaisser cette durée bien en dessous de la microseconde, et donc de multiplier par plus de 10 cette sensibilité, et cela avec un montage facile à réaliser tant au point de vue mécanique qu'au point de vue de l'alimentation électrique qui peut être demandée entièrement au secteur alternatif.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *L'amortissement des ondes électriques transitoires ou périodiques, par des causes ayant leur siège dans le milieu diélectrique entourant les lignes.* Note (*) de M. **René Pélissier**, présentée par M. Georges Darrieus.

Le courant de fuite entre les deux conducteurs d'une ligne, par conduction ou par ionisation, et les pertes par hystérésis dans le diélectrique, amortissent les ondes qui se propagent le long des lignes. Le calcul de cet amortissement forme, avec celui de l'effet de peau et de l'effet du sol donné dans une Note précédente, une théorie complète de la propagation le long des lignes.

Les phénomènes étudiés ici obéissent à des lois élémentaires mal connues ou trop compliquées dont on n'utilise que des formules approchées. De plus, on

(*) Séance du 12 juin 1950.

supposera l'effet de peau négligeable devant l'effet étudié. Enfin, on se placera toujours dans le cas d'une ligne de longueur infinie constituée de deux conducteurs métalliques et à l'origine de laquelle on applique l'échelon de tension U. Le raisonnement fait au début d'une Note précédente sur l'amortissement par les causes intérieures au conducteur, permet d'écrire

$$(1)\quad \begin{cases} -\dfrac{\partial q}{\partial x} = \left(a_R + \dfrac{\varepsilon}{v_0^2}p\right)i - \dfrac{\varepsilon}{v_0^2}I_0, \\ -\dfrac{\partial i}{\partial x} = w_f + pq - Q_0, \end{cases}$$

avec les mêmes notations et $a_R = CR$, ε, constante diélectrique. Le courant de fuite w_f peut, dans beaucoup de cas, être supposé proportionnel à la charge linéique, soit $w_f = a_F q$. Dans ce cas, à la distance x de l'origine, la charge linéique et le courant prennent brusquement à l'instant $t = x\sqrt{\varepsilon}/v_0$ les valeurs respectives

$$(2)\quad \begin{cases} Q\left(x, \dfrac{x\sqrt{\varepsilon}}{v_0}\right) = CU_0 e^{-\frac{(a_R+a_F)}{2}\frac{x\sqrt{\varepsilon}}{v_0}}, \\ I\left(x, \dfrac{x\sqrt{\varepsilon}}{v_0}\right) = v_0 Q\left(x, \dfrac{x\sqrt{\varepsilon}}{v_0}\right). \end{cases}$$

Leurs variations sont lentes, si bien que pendant les premiers millièmes de seconde, le front de l'onde apparaît comme non déformé, mais amorti dans le rapport

$$e^{-\frac{(a_R+a_F)}{2}\frac{x\sqrt{\varepsilon}}{v_0}}.$$

Mais le raisonnement précédent suppose ε constant. Dans les isolants solides ou liquides la susceptibilité χ ne prend pas immédiatement sa valeur, et l'on peut lui attribuer une (ou même plusieurs) constante de temps η. L'expression symbolique de ε devient

$$\varepsilon = \frac{1}{p}\left[1 + \frac{(\varepsilon_0 - 1)\eta}{p+\eta}\right].$$

Pour une ligne sans fuite, partant du repos, on a

$$\frac{\partial^2 q}{\partial x^2} = \frac{p^2}{v_0^2}\,\frac{p+\varepsilon_0\eta}{p+\eta}\,q.$$

L'original de la solution de cette équation (dans le cas de la ligne infinie attaquée par l'échelon de tension U_0) a la forme indiquée sur la figure 1.

Un front d'onde verticale d'amplitude $C_0 U_0 e^{-(x/v_0)(\varepsilon-1/2)\eta}$ apparaît au temps $t = x/v_0$ suivi d'une montée de plus en plus rapide.

En général η est grand et le front initial s'amortit sur une très courte distance. Il n'apparaît alors de phénomène décelable au point d'abscisse x qu'au bout d'un temps très voisin de $x\sqrt{\varepsilon}/v_0$. Il semble alors que le front de l'onde

apparaisse brusquement pour cette valeur. En fait, sa montée s'amorce avant et dure un temps qui reste de l'ordre de $1/\eta$.

Il reste à étudier une autre cause d'affaiblissement des ondes, à savoir l'effet de couronne. Celui-ci se traduit d'abord par un courant de fuite accru. L'amortissement calculé ci-dessus est donc augmenté, mais les données expé-

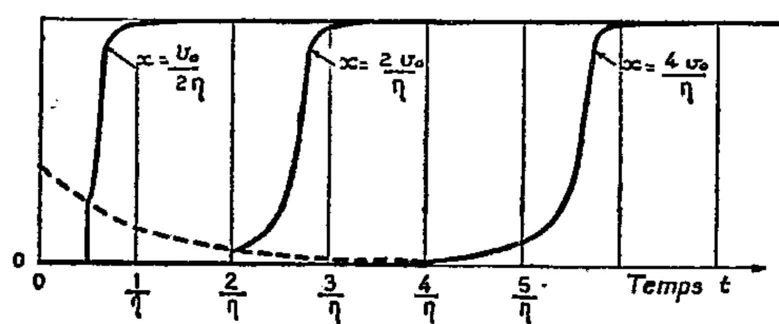


Fig. 1.

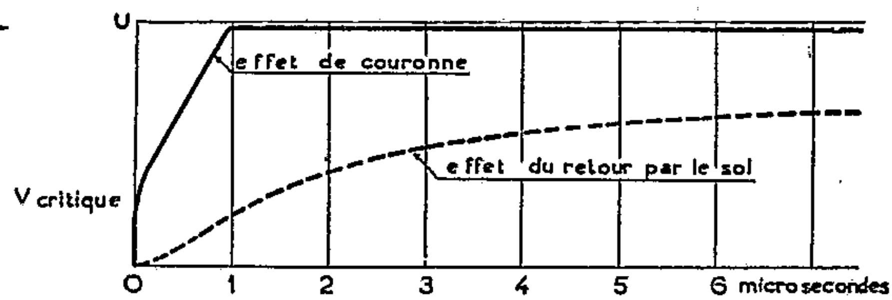


Fig. 2.

Fig. 1. — Distorsion du front de l'onde (échelon de tension) par hystérésis diélectrique après un court parcours sur un câble.

Fig. 2. — Amortissement de l'échelon après 10 km de parcours sur une ligne à haute tension.

rimentales montrent que le coefficient a_F, s'il peut devenir supérieur à a_R, reste cependant du même ordre de grandeur. En quelques dizaines de kilomètres le courant de fuite d'effet de couronne ne peut donc diminuer la valeur du front de l'onde que de quelques pour 100, et n'affecte pas sa pente.

L'effet de couronne produit aussi une charge d'espace. Ce phénomène est équivalent à une augmentation apparente de la constante diélectrique du milieu environnant, calculable pour une ligne aérienne, de tension critique V_0 soumise à un échelon de tension

$$\varepsilon_{app} = \varepsilon\left[1 + C\left(\frac{V_0}{V} - 1 + L_n\frac{V}{V_0}\right)\right].$$

La figure 2 donne l'allure du front d'une onde initialement infiniment raide. Il ne présente pas, pour la valeur critique de la tension, le décrochement observé expérimentalement pour certaines ondes de choc. De plus, l'amortissement, s'il est supérieur à celui dû à l'effet de peau, reste nettement inférieur à celui dû au retour par le sol. Ce n'est qu'à des tensions plus de 10 fois supérieures à la tension critique que ces deux effets deviennent comparables.

La présente Note constitue donc, avec la Note précédente où était étudié l'amortissement par des causes intérieures aux conducteurs (effet de peau, retour par le sol), le résumé d'une théorie d'ensemble des phénomènes liés à la propagation des ondes électriques sur les lignes de toutes natures.

OPTIQUE. — *Sur l'intensité de la diffusion Rayleigh dans les solutions étendues.* Note de M. **Robert Lochet**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Pour les solutions étendues d'électrolytes forts d'ions isotropes, on peut admettre que la différence $R - R_0$ des constantes de Lord Rayleigh de la solution et de l'eau mesure la seule diffusion due aux fluctuations de concentration du soluté. Nous avons vérifié que la formule de Debye

$$(1) \qquad R - R_0 = \frac{2\pi^2}{\lambda^4 N}\left(\frac{\mu - \mu_0}{c}\right)^2 \mu_0^2 \frac{c}{\frac{\partial}{\partial c}\left(\frac{P}{R_1 T}\right)} = H\frac{c}{\frac{\partial}{\partial c}\left(\frac{P}{R_1 T}\right)}$$

qui, pour des solutions suffisamment étendues, se réduit à

$$(2) \qquad R - R_0 = H\frac{M}{\nu}c,$$

conduisait à une valeur correcte de la masse moléculaire de l'électrolyte (¹) (c, concentration; P, pression osmotique; ν, nombre d'ions par molécule; H est une constante pour chaque soluté).

La formule simplifiée (2) peut être obtenue à partir d'une théorie purement moléculaire en considérant les molécules de soluté comme autant de sources *incohérentes*, parce que distribuées au hasard.

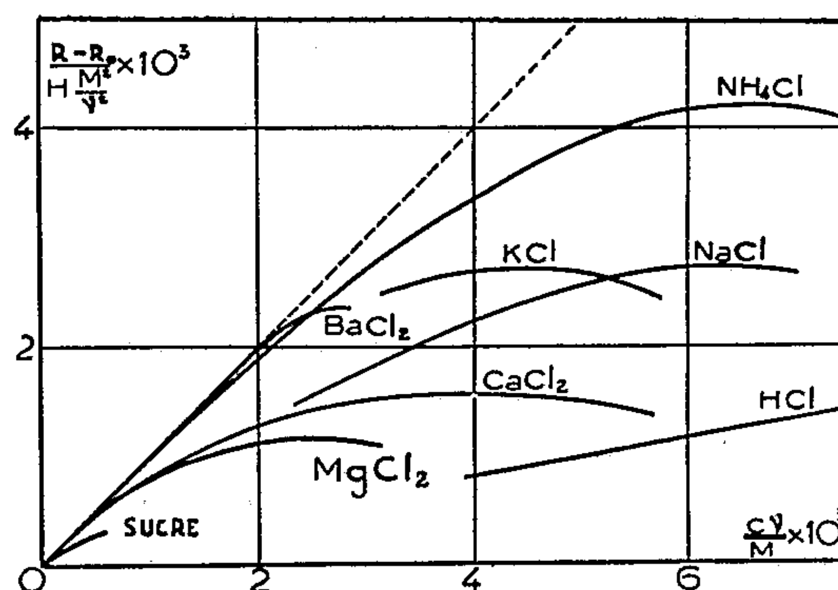
2. Pour de nombreux électrolytes, dans un domaine relativement étendu de concentration, la loi de Van't Hoff reste valable et la formule (2) se trouve vérifiée : c'est le cas des iodures et bromures alcalins et alcalino-terreux et des chlorures de gros ions où la variation linéaire de $R - R_0$ en fonction de c nous a conduit à une détermination précise et correcte de M/ν. *On doit donc prévoir pour ces solutions étendues une répartition désordonnée des ions du soluté.* Si l'on porte en abscisse $\nu c/M$ et en ordonnée $(R - R_0)\nu^2/HM^2$ on doit vérifier que pour tous ces électrolytes les points se placent sur une même droite, la bissectrice des axes.

Mais pour d'autres électrolytes, dans un domaine de concentration où la loi de Vant't Hoff reste pratiquement vérifiée, la courbe des variations de $(R - R_0)\nu^2/M^2H$ en fonction de la concentration ionique $\nu c/M$ reste notablement au-dessous de la bissectrice des axes. Nous avons reporté sur la figure 1 les courbes relatives à l'acide chlorhydrique et à un certain nombre de chlorures. *Pour chaque solution,* le rapport des intensités diffusées, expérimentale et théorique, s'obtient simplement par le rapport de l'ordonnée à l'abscisse. Il diminue dans l'ordre NH_4^+, K^+, Na^+, H^+ pour les cations monovalents et dans l'ordre Ba^{++}, Ca^{++}, Mg^{++} pour les cations bivalents. A concentration ionique égale, il diminue avec le rayon et la charge du cation, les écarts les

(¹) R. Lochet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1657.

plus importants s'observant pour les cations Mg^{++}, Ca^{++}, Na^{+} dont l'hydratation en solution est bien établie.

3. Un autre aspect de cette affinité pour l'eau des ions petits et fortement chargés est leur arrangement dans le réseau quasi cristallin de l'eau. L'étude de le structure de l'eau dans les solutions d'électrolytes a montré à Bernal et Fowler ([2]) que les petits ions augmentent la régularité de l'arrangement des molécules d'eau, tandis que les gros ions la diminuent. Un tel effet implique un certain ordre dans la répartition des petits ions eux-mêmes et par suite, une certaine périodicité dans la répartition des gros ions : en effet, aux concentrations molaires voisines de 1 dans les volumes élémentaires de l'ordre de $(\lambda/10)^3$ par exemple, les fluctuations de concentration d'ions de même signe sont pratiquement négligeables ([3]).



Plus généralement, une forte affinité des molécules du soluté pour celles du solvant entraîne un arrangement des molécules du soluté dans le réseau quasi cristallin du solvant et se traduit par une diminution importante de la diffusion due aux fluctuations de concentration. Ainsi l'intensité diffusée par les solutions de polystyrolène dans le benzène est plus faible que la valeur théorique, mais si l'on ajoute un précipitant, l'alcool méthylique, la diffusion augmente linéairement avec c et conduit à une valeur exacte pour M ([4]). Nous avons vérifié que les solutions aqueuses de sucre diffusent beaucoup moins que la théorie ne le prévoit (*figure*). En ajoutant de l'alcool éthylique on augmente le désordre des molécules de sucre et l'intensité diffusée croît ([5]).

Remarquons que la diffusion par les solutions *suffisamment étendues* de petits ions vérifie la formule (2) et conduit à une valeur correcte de M. Au

([2]) J. D. BERNAL et R. H. FOWLER, *J. Chem. Phys.*, **1**, 1933, p. 516.

([3]) J. J. HERMANS, *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, **68**, 1949, p. 589.

([4]) P. DEBYE, *Journal of phys. and coll. chemistry*, **51**, 1945, p. 18.

([5]) Les mesures ont porté sur des solutions de concentration $c \leq 0,20$; à cause de la valeur élevée de $M = 342$, la concentration moléculaire est beaucoup plus faible que celles relatives aux chlorures de métaux légers.

contraire, en l'absence de précipitant, les solutions même très étendues de sucre ou de polystyrolène ne vérifient pas la formule (2) et l'extrapolation de $(R - R_0)/c$ conduit à une valeur trop faible de M. C'est que dans les solutions de chlorures *très étendues*, les anions Cl^- très réfringents, qui sont à l'origine de la plus grande partie de la diffusion par concentration, restent distribués au hasard.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Absorption de l'ozone dans l'ultraviolet.* Note de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. Cabannes.

1. *Régions des bandes de Huggins.* — Variations des contrastes de bandes (différence entre les coefficients des maxima et des minima principaux voisins) en fonction de la température.

TABLEAU I.

Maxima (Å).	Minima (Å).	— 92°.	— 75°.	— 59°.	— 44°.	— 30°.	18°.	50°.	85°.	120°.
3372	3357......	–	41	38	37	35	30	28	26	25
3338	3328......	56	53	48	45	42	41	41	39	42
3312	3299......	67	64	61	60	59	52	46	45	43
3279	3269......	122	112	106	102	95	76	62	48	38
3248	3239......	157	140	130	122	115	89	75	56	45
3220	3216......	150	135	126	117	110	87	72	58	49
3200	3190......	153	149	135	125	121	85	61	40	25
3176	3167......	114	105	94	86	72	41	25	7	−18
3154	3151......	122	111	101	95	92	58	38	22	22
3135	3130......	81	81	18	67	52	35	19	–	–
3113	3112......	37	32	30	24	19	–	–	–	–
3107	3106......	43	36	30	19	12	–	–	–	–

On trouve à 120° une valeur négative entre 3176 et 3167 Å parce que le maximum secondaire intermédiaire, à 3170 Å, finit par devenir nettement supérieur au maximum de 3176 Å.

2. *Région prolongeant les bandes de Huggins.* — L'absorption de l'ozone devenant très faible, il faut utiliser une épaisseur considérable. Je me suis servi d'un tube en croix de 5^{cm} de diamètre et 90^{cm} de long et d'un dispositif à réflexions multiples, formé par des miroirs concaves de 1^{m} de rayon. Les épaisseurs employées sont comprises entre 40^{cm} et 5^{m}. La source est un tube à hydrogène jusque vers 3550 Å et une lampe à ruban de tungstène au delà. Une région commune permet de raccorder les deux séries de mesures. Le spectrographe, ouvert à $f/9$, a une dispersion de 21^{mm} entre 3906 et 3341 Å. Les résultats de nombreux clichés sont condensés dans le tableau suivant, où

on a porté, en fonction de la longueur d'onde, les coefficients d'absorption à 18° C multipliés par 10^4. Les astérisques marquent les maxima et minima principaux. Le nombre donné pour 3639 Å doit être considéré simplement comme un ordre de grandeur.

3. Au delà de 3650 Å l'absorption devient si faible que je n'ai pu mesurer les coefficients, mais avec des épaisseurs de 10^m d'ozone environ et des poses de plusieurs heures sur des plaques à grain très fin on précise les positions des maxima et des minima jusqu'à 3800 Å. On trouve indiscutablement des minima très nets à 3677, 3696, 3724, 3776 et sans doute à 3817 Å, tandis que les maxima se situent à 3683, 3699, 3733 et 3795 Å.

4. Des expériences analogues faites entre 4500 et 4100 Å montrent que l'absorption ne présente pas encore de véritables bandes, mais conserve la même allure que celle bien connue du spectre visible. Par conséquent, la limite des bandes entre l'ultraviolet et le visible, comprise entre 4100 et 3800 Å, n'a pas été atteinte.

TABLEAU II.

λ.	10^4K.	λ.	10^4K.
3654	4,1	3513*	53,9
3650	3,0	3506*	27,9
3647*	4,2	3493	54,2
3639*	0,7	3489	31,8
3606	6,6	3485	39,1
3604	6,0	3481	34,2
3600	8,7	3470	72,7
3599	7,9	3466	56,4
3594*	9,1	3455	98,9
3588*	6,4	3451	81,0
3573	13,2	3439*	215
3572	12,5	3433	120
3567*	15,5	3429	136
3561*	7,7	3426*	89,0
3556	9,3	3419	110
3554	8,8	3417	95,1
3550	11,8	3403*	330
3546	10,2	3401	214
3523	37,6	3398	233
3521	33,0	3391*	169

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Création d'un avion laboratoire et perfectionnement des appareils pour l'étude des faibles radioactivités de l'atmosphère.* Note (*) de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Comme suite aux travaux de 1946 et 1948, l'auteur a équipé un avion d'appareils décelant la radioactivité de l'air libre jusqu'à une faible fraction d'atome de radon par centimètre cube, ou son équivalent.

A. Nos travaux précédents ont montré l'intérêt des mesures des faibles radioactivités présentes dans l'atmosphère (1), (2). Ils ont permis de mettre en évidence l'existence d'impuretés radioactives nouvelles. Des recherches permanentes du même ordre sont effectuées à l'air libre à l'Observatoire du sommet du Puy de Dôme, altitude 1500^{m}. Mais il nous a paru utile de poursuivre ces travaux à plus haute altitude, de façon également permanente, à bord d'un avion spécialement équipé à cet effet, muni d'appareils du même type que ceux précédemment utilisés.

Ce projet a pu être réalisé grâce au concours du Centre National de la Recherche scientifique et du Service de l'Aviation légère du Ministère de l'Air français, avec l'appui de l'Université de Clermont-Ferrand. Formulé le 25 juin 1949, ce projet a pris corps le 5 janvier 1950. L'appareil choisi, un biplace de 105 chevaux, révisé par la S. N. C. A. N., a été convoyé de Marignane le 10 janvier 1950. Les travaux d'aménagement de l'appareil, transformé en monoplace, ont commencé le 11 janvier. Toutes les structures et tous les instruments nouveaux (correcteur altimétrique, prises extérieures, thermomètres, variomètres, compas, etc.) ont été essayés les uns après les autres en vol, pour éviter toute surprise. Ces vols de mise au point ont été terminés en 41 heures, sans le moindre incident. Les altitudes couramment atteintes ont dépassé 4000^{m}. Un essai sous ascendances de cirrus nous a porté à l'altitude de 5700^{m} (28 mars 1950).

B. Les perfectionnements principaux apportés aux appareils de mesure électrométrique sont les suivants :

1° Tous les récipients, chambre d'ionisation, boîtier d'appareil, etc. dont l'étanchéité peut laisser à désirer sont munis de *respirateur-digesteur* ayant pour effet de stabiliser leur pression intérieure avec la pression ambiante à travers une série de filtres (filtres à gaz : charbon activé ; à vapeur d'eau : sodium métallique ; à poussières.) On élimine ainsi une cause possible d'erreur.

(*) Séance du 19 juin 1950.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1583-1584.

(2) *La recherche du nuage radioactif. Mémoire publié au Service de Documentation et d'information technique de l'Aéronautique*, n° 228, 1949.

2° Le dispositif de remplissage de la chambre électrométrique étalon s'effectue, comme précédemment, au moyen d'une pompe à main, mais les circuits de remplissage sont munis de clapets de retour à faible inertie. Il en résulte que la pression absolue de remplissage est double de celle précédemment obtenue, soit 2,250 kg/cm², à l'altitude d'opération de 5000^{m}.

C. L'avion et son groupe moto-propulseur, avec tout son équipement, ont été étalonnés en vitesse ascensionnelle propre. Le pilote, disposant de variomètres de bord, peut donc connaître à chaque instant la composante verticale propre du vent, ce qui lui permet de choisir les régions les plus favorables pour atteindre les hautes altitudes.

Le pilote dispose en outre, sur le *manche à balai* de commande, d'un inscripteur rotatif, sur lequel il note toutes les données du vol. On peut ainsi tracer par la suite l'ensemble des courbes caractéristiques, altitude, température, composante verticale, nuages, etc.

Enfin, l'organisation au sol, qui profite largement des facilités accordées par l'aéroport civil d'Aulnat, permet d'effectuer des mesures aussitôt après le vol, de jour, comme de nuit.

Premiers résultats. — Le premier vol régulier d'expérimentation a eu lieu le 13 mai 1950, de 11^{h}30^{m} à 15^{h}15^{m} T. M. G., à l'altitude de 4550^{m} dans un rayon de 30^{km} autour du sommet du Puy de Dôme. Les mesures effectuées aussitôt après et qui sont continuées à l'Observatoire du Sommet du Puy de Dôme. montrent :

1° Une très forte activité d'origine naturelle (Radon).

2° Un résidu mesurable à longue période, d'origine inconnue.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la relation énergie-parcours dans les émulsions nucléaires*. Note (*) de MM. **Pierre Cüer, Jean-Jacques Jung**, Mme **Denyse Magnac-Valette** et M. **Serge Gorodetzky**, transmise par M. Jean Becquerel.

La plupart des expérimentateurs utilisant les émulsions nucléaires pour l'étude des particules à vitesses élevées déduisent l'énergie d'une relation empirique, supposée valable dans un large domaine, extrapolée des résultats de Lattès, Fowler, Cüer (1), soit (A), $E = CR^{\alpha}$, $C = 0,262$, α étant pris égal à 0,581 ou 0,576 au delà de 100$^{\mu}$. Depuis l'obtention de ces résultats, certaines améliorations dans la mesure des énergies, notamment celles de Buechner et Strait (2), ont permis de préciser de nombreuses valeurs de Q, rendant ainsi possible une comparaison efficace avec la théorie du pouvoir d'arrêt. En outre, un travail systématique entrepris avec le générateur à

(*) Séance du 31 mai 1950.

(1) H. Camerini et C. G. M. Lattès, non publié.

(2) *Phys. Rev.*, 79, 1948, p. 1569; 76, 1949, p. 1543, 1547, 1766.

haute-tension de Strasbourg nous a permis de compléter ces résultats notamment vers les faibles énergies. Nous nous proposons donc dans cette Note d'étudier en détail dans un domaine expérimental bien déterminé et plus étendu (de 0,5 à 40 MeV pour les protons) la validité d'une relation du genre (A) qui se prête facilement à l'utilisation.

Les mesures retenues sont de deux genres : l'un utilisant le sein d'émulsions de même pouvoir d'arrêt à une humidité relative de 50 % à 60 % (comme les observations au microscope). L'autre comprenant des expériences sous vide dans lesquelles les plaques ne séjournent pas assez longtemps pour être complètement desséchées. En première estimation, les faibles variations d'humidité relatives aux différentes mesures semblent négligeables pour les traces horizontales utilisées, des expériences en cours nous renseigneront exactement sur ce point. Les données relatives aux protons sont issues du travail (1) avec les Q éventuellement corrigés, de Bradner et collaborateurs (3) pour les énergies élevées. Le point le plus bas est fourni par $N_7^{14}(n, p)C_6^{14}$. Trois parcours de tritons sont convertis en parcours de protons de même vitesse. Deux de la réaction $Be_4^9 + H_1^2 \rightarrow H_1^3 + Be_4^8$ effectuée à 900 et 500 kV utilisant le Q des masses; le dernier point est donné par $Li_3^6(nH_3)He^4$. Les traces α ont été converties en protons de même vitesse à l'aide de la relation de Blackett relative à l'émulsion :

$$\mathrm{RH}(v) = 1{,}0072\,\mathrm{R}(v) - \frac{0^{\mathrm{cm}},2}{\mathrm{S}},$$

S étant le pouvoir d'arrêt moyen par rapport à l'air de la vitesse considérée. (0,2/S varie de 1,25 à 1 µ).

Ces expériences ont employé des émulsions Ilford B_1, C_2, C_3, E_1 et D_1 dont la concentration en BrAg varie de 2 % au plus, ce qui affecte très peu le pouvoir d'arrêt ($<$ 0,5 %). A part des variations importantes dans les qualités et la composition des gélatines employées, improbables selon le fabricant, nous ne voyons donc aucune raison pour que les relations parcours-énergie diffèrent dans ces émulsions.

Nous avons rassemblé dans le tableau suivant quelques valeurs corrigées de (1).

Protons.	Q (MeV).	E_2 (MeV).	R_0 (cm air).	R (µ émulsion).	S.
$O_8^{16} + H_1^2 \rightarrow {}^*O^{17} + H_1^1$...	1,049	1,74	5,61	27,9	à préciser
$Be_4^8 + H_1^2 \rightarrow {}^*Be^{10} + H_1^1$...	1,201	1,745	5,62	29,8	1885 ± 36
$O_8^{16} + H_1^2 \rightarrow O^{17} + H_1^1$...	1,925	2,56	10,8	59,6	à préciser
$C_6^{12} + H_1^2 \rightarrow C_6^{12} + H_1^1$...	2,729	3,24	16,05	83,9	1907 ± 36
$Li_3^6 + H_1^2 \rightarrow {}^*Li_3^7 + H_1^1$...	4,523	4,52	28,45	147	1931 ± 24
$Be_4^9 + H_1^2 \rightarrow Be_4^{10} + H_1^1$...	4,576	4,81	31,7	159,5	1988 ± 20
$Li_3^6 + H_1^2 \rightarrow Li_3^3 + H_1^1$...	5,006	4,94	33,5	170	1970 ± 15

(3) H. BRADNER, H. BARKAS et A. S. BISHOP, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 462.

Le calcul de l'incertitude sur S nous indique que nous avons atteint le stade où tout progrès ultérieur est conditionné par l'amélioration de la courbe dans l'air et des valeurs des masses. On a tracé avec soin la courbe moyenne $\log R$, $\log E$ passant par les 41 points ainsi utilisés munis de leurs incertitudes expérimentales. On constate que les résultats peuvent être mis sous la forme (B) $E=(CR)^{\alpha}$, α variant de 0,74 à 0,6 quand E croît de 0,5 à 40 MeV, $C=0,0745\pm 0,0005$.

Interprétation théorique. — En utilisant la courbe de Livingston-Bethe et des valeurs plus récentes pour les faibles énergies, on peut également établir pour l'air une formule moyenne (C) $E_0=(C_0 R_0)^{\gamma}$ où γ varie de 0,63 à 0,58 quand E varie de 1,5 à 13 MeV, soit

$$\alpha=\frac{\log E}{\log\frac{C}{C_0}-\log S+\frac{1}{\gamma}\log E}.$$

En utilisant les valeurs théoriques de S calculées par l'un de nous (4) l'accord est bon avec l'expérience dans ce domaine. Si l'on utilise la relation empirique de Carvalho (5), $S=A\beta^{k}$ ($k=0,157$), soit $S=BE^{k/2}$, il vient $\alpha=2\gamma/(2-k\gamma)$. On trouve un bon accord avec l'expérience entre 2 et 10 MeV. Dans nos émulsions, il semble que k décroît quelque peu quand E croît. Quelques calculs effectués avec différents éléments indiquent en réalité que k croît avec E pour des éléments à $Z<7,22$ et décroît de plus en plus quand Z devient grand par rapport à l'air.

La forme (A) valable aux grandes énergies seulement, représente un limite tangente à la véritable fonction (B). C et α étant spécifiques de la concentration de l'émulsion prennent des valeurs différentes dans les plaques au Bore pour lesquelles elle a été pratiquement utilisée.

Notre relation permet une amélioration considérable du tracé de la courbe parcours-énergie dans l'émulsion dont l'imprécision devient comparable à celle dans l'air.

RADIOACTIVITÉ. — *Distribution de la radioactivité dans un granite.* Note (*) de M. **Edgard Picciotto**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La méthode photographique (autoradiographie des particules α) a été appliquée à la localisation microscopique de tous les α émis par une section mince de roche. La technique suivie a déjà été décrite (1), (2), (3). Nous avons

(4) P. Cüer, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1121.

(5) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1729.

(*) Séance du 12 juin 1950.

(1) A. Hee, *Ann. Géophys.*, 4, 1948, p. 242.

(2) E. Picciotto, *Bull. Soc. Belge Géol.*, 58, 1949, p. 75.

(3) J. H. J. Poole et J. Bremner, *Nature*, 162, 1949, p. 125.

pu examiner simultanément la préparation et la plaque photographique superposée avec toute la précision désirable grâce au nouvel objectif Cooke *Long Working Distance* (45 × immersion, distance frontale : $1^{mm},5$).

La roche observée est un granite hercynien des Vosges (Lac Blanc). Une section mince de 35^{μ} d'une superficie de $1^{cm^2},6$ a été exposée 25 jours à 4°C. Plaque Ilford C_2 de 50^{μ}.

Tableau des résultats.

				Activité			
	Nombre α.	(%). du minéral	(%). de la roche	relative Granite : 1.	absolue (α/sec/cm²).	C_U g U/g roche.	(%). Surface totale.
Granite............	3600	–	100	1	1.10^{-3}	$3,9.10^{-6}$	100
***Biotite* (B)........**	**1800**	**100**	**50**	**10**	**1.10^{-2}**	**$3,5.10^{-5}$**	5
Zircon (ou sphène?).	1100	61	30	8000	8	$2,4.10^{-2}$	
Apatite............	50	2,7	1,5	≈100	1.10^{-1}	3.10^{-4}	
Minéral opaque.....	350	20	10	65	$6,5.10^{-2}$	$1,8.10^{-4}$	
Biotite............	300	16,3	8,5	1,7	$1,7.10^{-3}$	$6,1.10^{-6}$	31
***Quartz* (Q).......**	**350**	**100**	**10**	**0,3**	**3.10^{-4}**	**$1,2.10^{-6}$**	
Fractures..........	250	71	7	–	–	–	
Séparation Q-Q.....	42	12	1,2	–	–	–	
Inclusions.........	40	12	1,2	–	–	–	
Quartz............	18	5	0,5	0,016	$1,6.10^{-5}$	$6,5.10^{-8}$	
***Feldspath* (F)......**	**1300**	**100**	**36**	**0,56**	**6.10^{-4}**	**$2,4.10^{-6}$**	64
Fractures..........	180	13	5	–	–	–	
Séparation F-F.....	45	3,5	1,2	–	–	–	
Inclusions..........	400	31	11	–	–	–	
Plagioclases........	125	10	3,5	∼1	–	–	
Feldspath..........	550	42,5	15	0,235	–	1.10^{-6}	
Séparations Q-B et F-B	150	–	4	–	–	–	

Les résultats soulignés donnent la répartition globale de l'activité entre les trois constituants essentiels : biotite, quartz et feldspath. Les autres données montrent pour la première fois la distribution à l'échelle microscopique dans chaque minéral. Nous avons évalué l'activité *réelle* des minéraux essentiels (valeurs non soulignées) en retranchant de l'activité globale la part due aux inclusions visibles (cette évaluation représente une limite supérieure de l'activité réelle).

Sous le nom de *zircon*, nous englobons toutes les inclusions à hautes réfringence et biréfringence, quelques-unes sont du sphène. L'activité absolue a cependant été mesurée sur des plages certaines de zircon.

Les concentrations en U ont été calculées en supposant Th/U : 3 ([4]), ([5]). Ces chiffres ne représentent qu'un ordre de grandeur, le rapport Th/U peut varier très fortement d'un minéral à l'autre. A l'échelle du minéral, Coppens ([8]) a montré l'existence d'inclusions dont l'activité est due presque exclusivement, soit à l'uranium, soit au thorium.

Conclusions. — 1° Les radioéléments de ce granite sont distribués suivant 3 modes différents :

a. concentration dans des inclusions microscopiques de minéraux accessoires très actifs (54 % de l'activité totale);

b. répartition dispersée dans les minéraux essentiels (28 %);

c. concentration dans des fractures et séparations entre minéraux (18 %).

2° Plus de 72 % de l'activité totale est concentrée dans des minéraux accessoires et des remplissages de fracture représentant moins de 1 % du volume de la roche. L'activité relative des différents minéraux varie dans de très larges limites (de 0,016 pour le quartz à 8000 pour le zircon). A comparer avec ([6]).

3° Un fait curieux est la concentration de près de 20 % de l'activité totale dans les interstices entre minéraux et des fractures postérieures à la consolidation finale de la roche. Ces fractures sont généralement tapissées d'épidote et de minerai opaque. Hurley ([7]) est arrivé à des conclusions similaires par une méthode différente.

4° Tous ces faits sont importants pour les mesures de radioactivité et les mesures d'âge par la méthode à l'hélium. On devrait s'attendre à trouver dans ce granite, un *âge* à l'hélium beaucoup plus bas pour le quartz et le feldspath que pour la biotite en accord avec les observations de Keevil et coll. ([6]). Ce résultat serait dû non pas à des pouvoirs de rétention de l'hélium différents d'un mineral à l'autre, mais surtout à ce que la majorité des radio-éléments du quartz et du feldspath sont localisés dans des fissures.

Une discussion plus détaillée sera publiée prochainement avec d'autres résultats. La documentation photographique se rapportant à ce granite a été reproduite à un petit nombre d'exemplaires dans le *Bulletin du Centre de Physique nucléaire de l'Université de Bruxelles* (n°s 16 et 16*a*).

([4]) I. Curie, *J. Phys.*, 7, 1946, p. 11.

([5]) N. B. Keevil *Am. J. Sc.*, 239, 1941, p. 309.

([6]) N. B. Keevil, E. S. Larsen et F. J. Wank, *Am. J. Sc.*, 242 1944, p. 345.

([7]) *Bull. Géol. Soc. Am.*, 61, 1950, p. 1.

([8]) *J. Phys.*, 11, 1950, p. 21.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la proportion de traces de mésons enregistrées dans une émulsion nucléaire* $C_3 + B$ *exposée aux rayons cosmiques.* Note de M. **Hassan Moucharafyeh** et Mlle **Simone Rebaud**, présentée par M. Jean Cabannes.

Une étude du spectre énergétique des traces dues aux particules autres que les mésons, dans une plaque Ilford $C_3 + B$, exposée à 4500^m confirme que la proportion des mésons sur l'ensemble des traces visibles est de 2 à 3%.

Dans une précédente Note [1] nous avions trouvé une valeur limite pour la proportion des mésons μ sur l'ensemble des traces isolées visibles dans une émulsion Ilford $C_3 + B$ exposée dans des conditions qui seront rappelées plus loin.

Notre raisonnement impliquait toutefois une hypothèse sur le spectre d'énergie des particules autres que les mésons. Nous avons cherché à déterminer directement ce spectre. Pour cela, nous avons étudié systématiquement sur la même plaque que précédemment (Ilford $C_3 + B$, 240 μ d'épaisseur vierge, exposée verticalement au sommet du Karisimbi, altitude 4500^m, 4° latitude géomagnétique Sud, pendant deux mois) toutes les traces visibles sur une surface de 43^{mm^2},5 soit 396 traces. Grâce à la granulation de ces traces, nous avons déterminé leur énergie et par suite, leur spectre d'énergie.

Il fallait avant tout être sûr de ne pas confondre les mésons avec les autres particules. Pour les traces finissantes, la variation de l'ionisation permet une séparation évidente entre les mésons et les autres particules. Pour les traces qui traversent l'émulsion, la distinction est moins immédiate; nous avons pu la réaliser comme suit : la limite inférieure de parcours d'une trace traversant l'émulsion est $l = 240^{\mu}$ (épaisseur de l'émulsion vierge). D'autre part, on sait que la courbe de granulation du méson décroît rapidement à partir de la fin de la trace. Au delà de 400^{μ} de la fin, la décroissance devient moins sensible. Si un méson était coupé à moins de 150^{μ} de sa fin, la granulation à l'entrée et à la sortie de l'émulsion varierait du simple au double, ce qui caractérise le méson sans ambiguïté. Si, au contraire, le méson est coupé à plus de 150^{μ} de sa fin, la granulation à l'entrée de l'émulsion serait pour la plaque considérée de moins de 20 grains sur 85^{μ}. Or, les particules de cette granulation sont rares parmi nos traces (5 sur 394 parmi lesquels il y a certainement des protons).

Ainsi, dans tous les cas, l'incertitude sur l'identification des mésons ne peut porter que sur moins de 1 % des traces.

Les traces reconnues comme n'étant pas dues à des mésons ont été assimilées à des protons dans le calcul de l'énergie d'après la granulation, la différen-

(1) H. Moucharafyeh, M. Morand et S. Rebaud, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 834.

ciation entre deutérons, tritons et protons ne pouvant être faite pour des traces traversant l'émulsion. Cette approximation est légitimée si l'on admet que la proportion de deutérons et de tritons (soit respectivement 18 et 3 pour 100 protons) calculée par M. Morand et al. (²) sur les traces se terminant dans l'émulsion est valable pour toutes les traces.

Pour assigner à une trace ayant une granulation donnée une énergie, nous avons utilisé les lois $dN/dR = f(dE/dR)$, $dE/dR = \varphi(E)$ sous les formes proposées par Van Rossum (³). Pratiquement, on a compté le nombre ΔN de grains sur une longueur vraie de 85^{μ} à l'entrée de la particule dans l'émulsion. Les lois précédentes font correspondre à une granulation ΔN une énergie E donnée par le tableau suivant :

E(MeV)	60	50	40	30	20	10	5
ΔN	16	21	28	38	54	77	93

Ainsi, à chaque trace correspond une énergie comprise dans l'un des intervalles 0-10, 10-20, ... et 40-50 MeV.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

E(MeV)	0	10	20	30	40	50	60
Nombre de traces ..	61	45	126	127	30	5	

L'hypothèse faite sur le spectre des protons nous avait conduits dans notre précédente publication à évaluer à quelques % la proportion de mésons par rapport aux autres particules visibles dans une plaque Ilford $C_3 + B$. Le spectre ci-dessus nous permet de fixer, en dehors de toute hypothèse, cette proportion à 2 ou 3 %, valeur caractéristique de la méthode que nous avons utilisée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'équilibre de Donnan et la répartition ionique entre les solutions d'électrolytes et les résines sulfonées.* Note (*) de Mlle **Marthe Cassel**, présentée par M. Paul Pascal.

La répartition ionique entre solutions électrolytiques et résines échangeurs d'ions est conforme à la loi de l'équilibre de Donnan, tout au moins aux faibles concentrations. Pour les solutions concentrées, la diminution du gonflement de l'échangeur jointe à la variation du rapport des coefficients d'activité des cations de la solution extérieure entraîne une nouvelle répartition représentée de façon satisfaisante par une équation du type Freundlich.

Si dans un système électrolytique une espèce d'ion ne peut diffuser librement, pour une cause quelconque, dans toutes les parties du système, toutes

(²) M. Morand, L. Van Rossum, C. Beets et M. Jannot, *Congrès de Côme*, 1949.

(³) *J. Phys.*, **10**, 1949, p. 402.

(*) Séance du 19 juin 1950.

les espèces d'ions présentes seront distribuées inégalement et l'équilibre de Donnan régit cette distribution inégale. L'existence d'une membrane semi-perméable n'est pas essentielle et la non-diffusion d'un ion peut être due à ses propres dimensions. C'est le cas des groupements anioniques des résines échangeurs de cations.

Bauman, étudiant la répartition ionique existant entre un échangeur et une solution électrolytique, a cherché à appliquer au système les lois de l'équilibre de Donnan. Nous avons repris cette conception et l'avons confrontée avec les résultats obtenus avec deux résines à groupements actifs sulfonés ayant respectivement une capacité de 2,3 et 3,5 me/g, mises dans les solutions de chlorures alcalins.

D'après l'hypothèse de Donnan, les activités des électrolytes communs aux deux phases sont les mêmes dans la phase résine et la phase extérieure : la résine, en état acide, peut être représentée par RH qui dans l'eau s'ionise partiellement en donnant R^- gros anion insoluble ne pouvant diffuser et H^+. Elle est mise dans une solution de chlorure alcalin ClM. A l'équilibre on a

$$(a_{\mathrm{ClM}})_{\mathrm{R}} = (a_{\mathrm{ClH}})_{\mathrm{S}}, \qquad (a_{\mathrm{ClH}})_{\mathrm{R}} = (a_{\mathrm{ClH}})_{\mathrm{S}};$$
$$(a_{\mathrm{Cl}}a_{\mathrm{M}})_{\mathrm{R}} = (a_{\mathrm{Cl}}a_{\mathrm{M}})_{\mathrm{S}}, \qquad (a_{\mathrm{Cl}}a_{\mathrm{H}})_{\mathrm{R}} = (a_{\mathrm{Cl}}a_{\mathrm{H}})_{\mathrm{S}};$$

soit

$$\left(\frac{a_{\mathrm{M}}}{a_{\mathrm{H}}}\right)_{\mathrm{R}} = \left(\frac{a_{\mathrm{M}}}{a_{\mathrm{H}}}\right)_{\mathrm{S}} \quad \text{et} \quad \left(\frac{c_{\mathrm{M}}}{c_{\mathrm{H}}}\right)_{\mathrm{R}} = \left(\frac{c'_{\mathrm{M}}}{c'_{\mathrm{H}}}\right)_{\mathrm{S}} \left(\frac{f_{\mathrm{H}}}{f_{\mathrm{M}}}\right)_{\mathrm{R}} \left(\frac{f'_{\mathrm{M}}}{f'_{\mathrm{H}}}\right)_{\mathrm{S}},$$

on pose

$$k = \left(\frac{f_{\mathrm{H}}}{f_{\mathrm{M}}}\right)_{\mathrm{R}} \left(\frac{f'_{\mathrm{M}}}{f'_{\mathrm{H}}}\right)_{\mathrm{S}} = \mathrm{K}\left(\frac{f'_{\mathrm{M}}}{f'_{\mathrm{H}}}\right)_{\mathrm{S}}, \qquad k = \mathrm{K}\left(\frac{f'_{\mathrm{M}}}{f'_{\mathrm{H}}}\right)_{\mathrm{S}}.$$

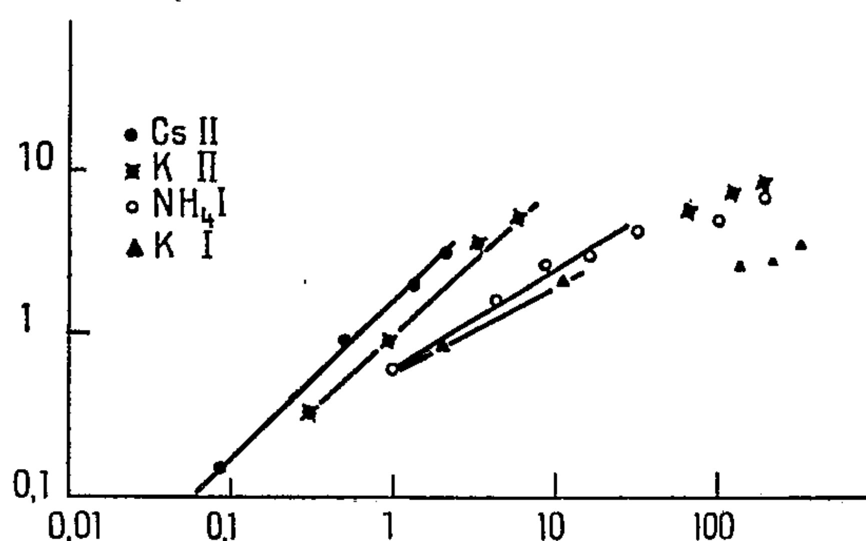
Dans une solution très diluée, f'_{M} et f'_{H} sont égaux à l'unité.

L'acidité des résines utilisées correspond à 4,3N et 3,06N respectivement, le rapport $k = f_{\mathrm{H}}/f_{\mathrm{M}}$ est différent de I, mais constant pour un cation monovalent donné du fait de la non-variance de la force ionique dans la résine.

La théorie est vérifiée aux faibles concentrations, comme le montrent les courbes et tableaux ci-dessous.

Résine I : $ClNH_4$			Résine I : ClK.			Réssne II : ClCS.			Résine II : ClK.		
C.	me fixés.	*k*.	C.	me fixés.	*k*.	C.	me fixés.	*k*.	C.	me fixés.	*k*.
4,35	2,27	0,1	3,04	1,79	0,01	0,040	2,68	1,72	3,18	3,18	0,04
2,20	2,09	0,04	2,01	1,76	0,01	0,028	2,37	1,61	2,1	3,12	0,05
1,970	2,04	0,05	1,080	1,71	0,02	0,0133	1,68	1,75	1,08	3,01	0,07
0,980	1,94	0,04	0,108	1,61	0,18	0,0026	0,46	1,83	0,108	2,96	0,8
0,515	1,89	0,07	0,015	1,03	0,40	–	–	–	0,0675	2,74	0,9
0,262	1,89	0,15	–	–	–	–	–	–	0,0155	1,69	1,0
0,098	1,73	0,33	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,936	1,42	0,36	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Aux fortes concentrations, f'_M/f'_H diminue et k décroît. Simultanément on constate une diminution du volume spécifique de la résine, diminution d'un tiers pour des solutions extérieures de 0,2 N à 2 N pour un des échan-



tillons considérés. On peut concevoir que les pores de pénétration sont de ce fait moins larges et vont ajouter leur action à l'effet restrictif de répartition que permettait de prévoir l'équilibre de Donnan. Cet effet filtrant croît en importance avec la diminution des pores et avec la concentration saline.

Une équation modifiée de celle de Freundlich, dite équation de Rothmund Kornfeld pour les échangeurs, s'exprime sous la forme

$$\left(\frac{C_M}{C_H}\right)_R = A\left(\frac{C_M}{C_H}\right)_S^p.$$

Elle donne pour valeur de A et p pour les résines I et II respectivement (solution de KCl) A = 0,67 et 0,77, p = 0,28 et 0,46.

Cette équation permet une interprétation satisfaisante aux fortes concentrations.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'adsorption des gaz sur les transformations polymorphiques.* Note (*) de MM. **Hubert Forestier** et **Jean-Pierre Kiehl**, présentée par M. Louis Hackspill.

Il est possible de mettre en évidence sur des solides pulvérisés une variation des températures de transformations polymorphiques en fonction de la nature du gaz en présence; cette variation est liée au phénomène d'adsorption à la surface du réseau cristallin.

L'influence de l'adsorption des gaz sur les vitesses de réactions entre oxydes métalliques solides [1] nous a conduits à étudier également l'action

(*) Séance du 19 juin 1950.

(1) H. Forestier et J.-P. Kiehl, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 47; *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 197; *Journal de Chimie Physique*, 47, 1950, p. 165.

d'un certain nombre de gaz sur les transformations polymorphiques de solides pulvérisés, en vue de préciser l'influence de l'adsorption sur la stabilité du réseau cristallin superficiel.

Nous avons étudié dans différents gaz les transformations suivantes :

Tl $\alpha \rightarrow \beta$	230°	(2)
SnO^2 $\alpha \rightarrow \beta$	425	(3)
NO_3K ortho → rhomb	128	(4)
NO_3Ag ortho → hexag	158	(5)
Fe $\alpha \rightarrow \gamma$	905	(6)
Acier eutectoïde (0,8 % C) $\alpha \rightarrow \gamma$	725	(6)

Ces corps ont été broyés et tamisés (diamètre des particules $\leqq 0^{mm},3$), puis recuits et déshydratés pendant 4 heures à des températures voisines de leur point de transformation. Les échantillons ainsi obtenus sont ensuite dégazés dans un vide compris entre 10^{-4} et 10^{-5} mm Hg, aux températures suivantes : Tl, 150°; SnO_2, 450°; NO_3K, 70°; NO_3Ag, 100°; Fe, 950°; acier eutectoïde (0,8 % C), 950°.

Ces températures ont été choisies en vue d'éviter une tension de vapeur du produit étudié, supérieure à la pression de dégazage.

Après introduction du gaz purifié et soigneusement desséché à travers une colonne de P_2O_5, le produit est chauffé à une vitesse uniforme de 1 degré/minute.

La température de la transformation est déterminée par analyse thermique (le montage utilisé permettait l'appréciation du 1/10 de degré). Les perturbations apportées par les différences de conductibilité calorifique n'ont pas dépassé, dans le cas le plus défavorable, 1°,5 (cas de NO_3K et de SnO_2 en présence de CO_2).

Les gaz utilisés sont :

$$He, \quad H_2, \quad Ne, \quad N_2, \quad air, \quad Ar, \quad O_2, \quad CO_2.$$

L'oxyde d'étain, le fer et l'acier eutectoïde (0,8 % C) ont été également étudiés sous un vide de 10^{-5} mm Hg. L'influence de l'oxygène ne pouvait être mise en évidence sur les métaux, ni celle de CO_2 sur le fer pur et l'acier eutectoïde. Pour le nitrate de potassium et le nitrate d'argent nous avons pu étudier l'influence de vapeurs organiques telles que : C_2H_5Br; C_2H_5Cl; $(C_2H_5)_2O$.

(2) GRUBE et SCHMIDT, *Z. Elektroch.*, **42**, 1936, p. 203; RICHARDS et SMYTH, *J. A. Chem. Soc.*, **44**, 1922, p. 533.

(3) LASCHTSCHENKO et KOMPANSKI, *Russ. Chem. Journal*, série B, **8**, 1935, p. 653.

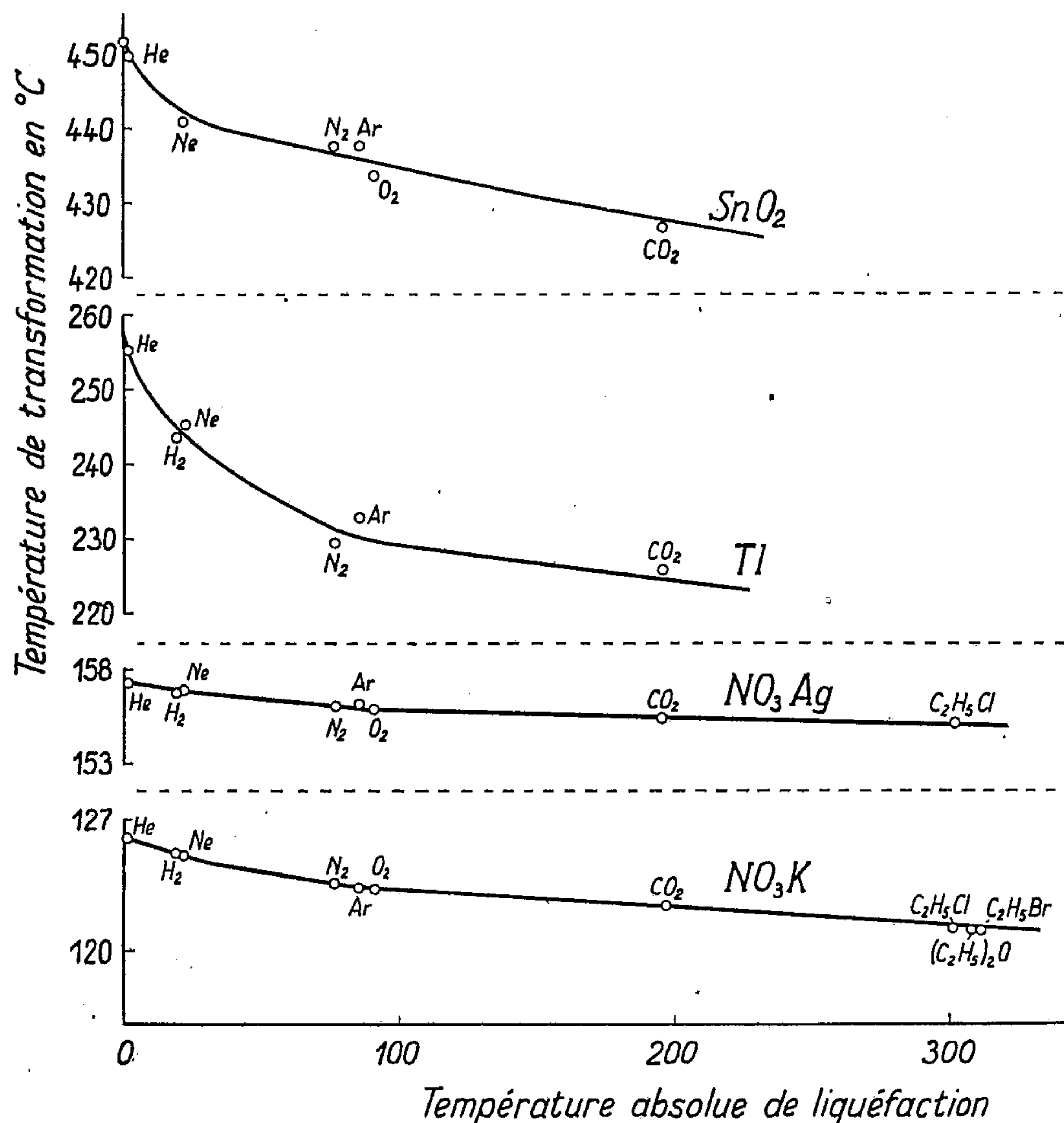
(4) COHEN et BREDIE, *Z. Phys. Ch.* A, **140**, 1929, p. 391; LEONHARDT et BACKERT, *Naturwiss.*, **24**, 1936, p. 412.

(5) HISSING, *Z. Phys. Ch.*, **32**, 1900, p. 537; BRIDGMANN, *Proc. Am. Acad. Sci.*, **72**, 1937, p. 45.

(6) KÖRBER et BA. SCHOTTKY, *Vereins. Deutsch. Eisenhüttenleute*, **180**, 1933, p, 1.

Le choix de ces différents gaz a été déterminé par des considérations d'inertie chimique vis-à-vis des corps utilisés.

Les résultats obtenus sont résumés dans les courbes ci-contre qui conduisent aux conclusions suivantes :



1° Les températures de transformation des différents corps examinés varient selon la nature du gaz adsorbé;

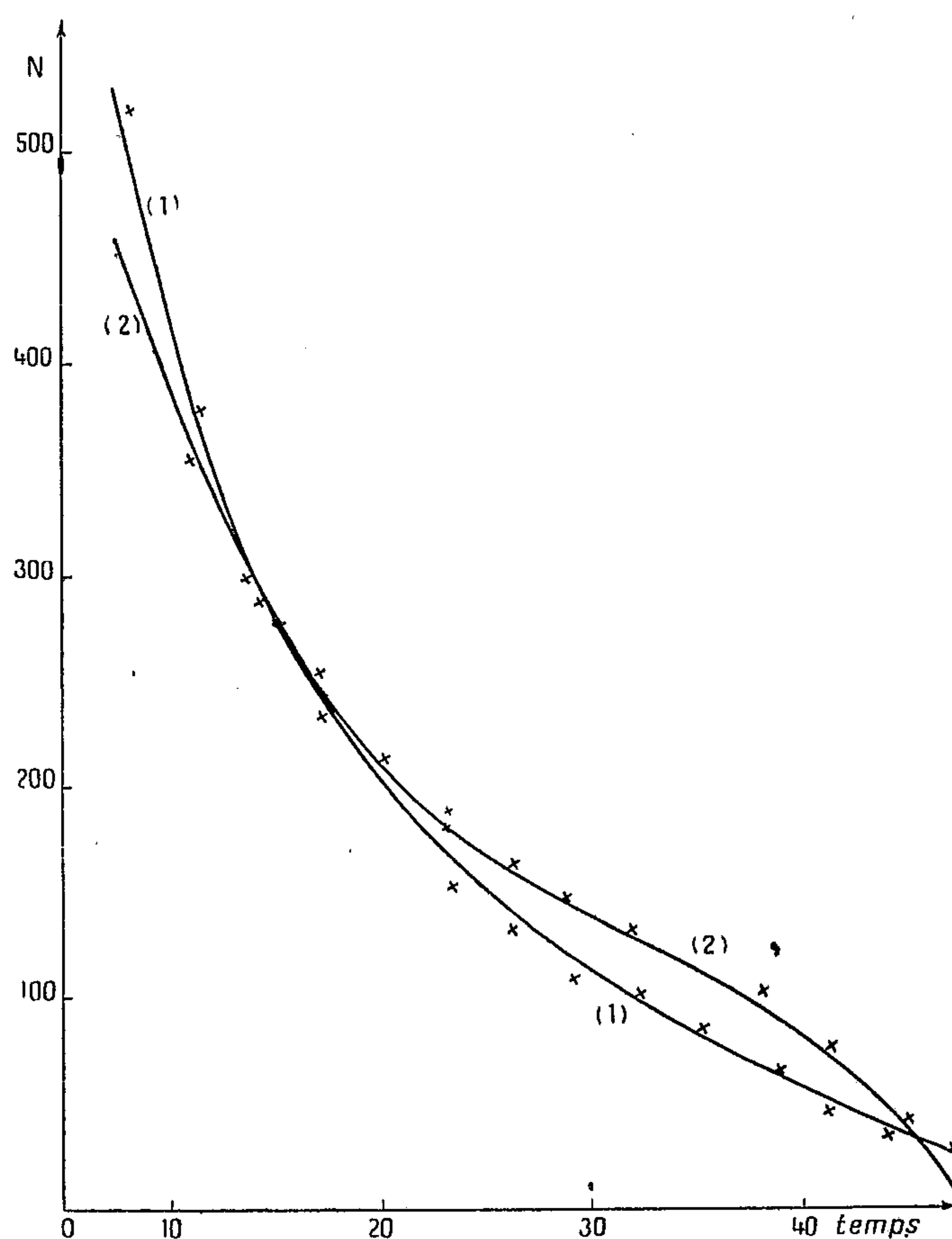
2° L'importance de l'abaissement de la température de transformation varie avec le corps étudié; il est négligeable pour le fer et l'acier eutectoïde, ce qui paraît en accord avec l'affaiblissement considérable de l'adsorption physique des gaz à ces températures;

3° Pour un même corps, l'abaissement de la température de transformation est une fonction décroissante de la température de liquéfaction du gaz utilisé, donc du pourcentage de gaz adsorbé.

L'effet ainsi observé, paraît bien indiquer une variation de stabilité du réseau superficiel du solide en fonction du degré d'adsorption.

PHOTOCHIMIE. — *Transferts d'énergie entre l'azote actif et le mercure, le cadmium et le zinc.* Note (*) de M. ANDRÉ FINKELSTEIN, présentée par M. Paul Pascal.

On sait que la décomposition thermique de l'azoture d'argent donne naissance à de l'azote actif ([1]). Ce dernier possède plusieurs bandes d'émission ultraviolettes dans le domaine 1900-2700 Å ([2]); de nombreuses raisons, théoriques et expérimentales, conduisent à penser qu'il existe en outre des



Transfert azote-cadmium. (1) : N_3Ag. 272°. Entraînement. Fenêtre I. s : 63.
(2) : N_3Ag et Cd. 272°. Entraînement. Fenêtre I. s : 60.

bandes d'émission intenses dans l'ultraviolet plus lointain, probablement autour de 1650 Å.

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) R. AUDUBERT, *J. de Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 405.

([2]) R. AUDUBERT, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 748.

A l'aide de photocompteurs à l'iodure cuivreux, on peut étudier le rayonnement ultraviolet émis par l'azote actif dans le domaine 1900-2700 Å, durant une thermolyse sous vide. En effectuant la décomposition dans différentes vapeurs métalliques sous très faible pression, on pourra évaluer les transferts d'énergie entre l'azote actif et les différents éléments utilisés.

On a déjà vu (3) que la vapeur de mercure était excitée par l'azote actif et réémettait la raie de résonance de ce métal à 2537 Å; l'augmentation d'émission en présence de mercure est considérable. Le transfert ne peut s'expliquer que par un échange entre les niveaux de grandes énergies, et une réémission de fluorescence du mercure.

Par contre, la présence de vapeur de cadmium ou de zinc dans l'appareil ne donne lieu à aucun changement d'intensité dans l'émission de l'azote actif, ainsi qu'en témoigne la figure 1. Les tensions de vapeur de ces éléments à la température des expériences, 9.10^{-3} mm pour le cadmium et $0,8.10^{-4}$ mm pour le zinc, sont suffisantes pour observer les raies de résonance de ces métaux. Il est remarquable qu'elles n'apparaissent nullement, sachant que le cadmium et le zinc peuvent s'exciter dans l'azote activé électroniquement (4).

Il faut très probablement chercher l'explication de ce phénomène dans les valeurs des vies moyennes des différents états excités. Le tableau suivant (5) donne pour les métaux étudiés les vies moyennes des raies de résonance ultraviolette des premiers niveaux singlets et triplets, ainsi que les rapports, pour chaque métal, de ces vies moyennes, rapports mesurés et calculés par la formule théorique de Pauli-Houston.

				$\frac{\tau_1}{\tau_2}$	
Métal.	Transition.	λ.	τ.	calculé.	mesuré.
Hg	$6^1S_0 - 6^3P_1$	2 537	1.10^{-7}	$1,26.10^{-2}$	$1,2.10^{-2}$
Hg	$6^1S_0 - 6^1P_1$	1 849	$1,3.10^{-9}$		
Cd	$5^1S_0 - 5^3P_1$	3 261	$2,5.10^{-6}$	$9,4.10^{-4}$	$8,0.15^{-4}$
Cd	$5^1S_0 - 5^1P_1$	2 288	$1,9.10^{-9}$		
Zn	$4^1S_0 - 4^3P_1$	3 076	1.10^{-5}	$8,64.10^{-5}$	$6,7.10^{-5}$
Zn	$4^1S_0 - 4^1P_1$	2 139	$\leqslant 10^{-7}$		

Il ressort de ce tableau que l'on n'observe seulement que les raies de résonance à longues vies, c'est-à-dire celles pour lesquelles les probabilités de transition sont les plus élevées. Ces résultats soulignent l'importance des durées de vie des états dans les phénomènes de fluorescence.

(3) A. Finkelstein, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1864.
(4) J. Okubo et H. Hamada, *Phil. Mag.*, 7e série, 5, 1928, p. 372.
(5) Mitchell et Zemansky, *Resonance Radiation and Excited Atoms*, 1934.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Action peptisante des solutions de thiocyanates sur l'alcool polyvinylique.* Note (*) de M. **Jean Neel**, présentée par M. L. Hackspill.

L'action, sur l'acool polyvinylique solide des solutions aqueuses d'électrolytes permet de ranger ceux-ci en deux groupes. Certains ont une tendance à insolubiliser le haut polymère, tandis que d'autres provoquent sa gélatinisation et sa dispersion. Parmi ces derniers, les thiocyanates ont une action peptisante particulièrement nette; il était intéressant de rechercher si ces phénomènes n'étaient pas liés à la formation d'associations polaires entre l'eau, l'électrolyte et l'alcool polyvinylique. La méthode utilisée est la *méthode des restes* (1) mise en œuvre dans une Note précédente pour étudier l'hydratation de l'alcool polyvinylique (2).

Système ternaire alcool polyvinylique-eau-thiocyanate de potassium. — L'électrolyte a été dosé par titrage potentiométrique par le nitrate d'argent. Le tracé du diagramme représentatif du système ternaire met en évidence aux faibles concentrations de la solution saline

$$p = \frac{\text{nombre de molécules de sel}}{\text{nombre de molécules d'eau}} < 70.10^{-3},$$

un point de convergence correspondant à 0,25 molécule d'eau et 4.10^{-3} molécule de thiocyanate par motif $CH_2 - CHOH$ et traduisant une relation analytique entre l'absorption de l'eau et de l'électrolyte par le haut polymère.

$$b_0(p) = p[a_0(p) - 0{,}25] + 4.10^{-3}$$

$a_0(p)$, molécules d'eau absorbées ramenées à un motif CH_2CHOH; $b_0(p)$, molécules de thiocyanate absorbées ramenées à un motif CH_2CHOH.

L'absorption du sel $b_0(p)$ se présente donc comme la somme de deux termes : le premier correspondant à son entraînement par l'eau gonflant l'alcool polyvinylique, le terme correctif 0,25 indiquant l'existence d'un hydrate



$$4(CH_2\text{-}CHOH).H_2O$$

le second très faible et indépendant de la concentration de la solution diluée correspondant à une fixation directe du sel sur le polymère vraisemblablement par un effet de surface dans les solutions étendues. Cette dernière fixation est plus importante dans les solutions plus concentrées et paraît être à l'origine du fort gonflement, puis de la dispersion que le polymère y subit.

(*) Séance du 19 juin 1950.

(1) G. Champetier, *Ann. Chimie*, 20, 1933, p. 5; G. Champetier et J. Neel, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 930.

(2) J. Neel, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2188.

Système ternaire : alcool polyvinylique-eau-thiocyanate d'ammonium. — Le système ne peut être étudié qu'aux faibles concentrations de la solution saline par suite du fort gonflement et de la dispersion de l'alcool polyvinylique. Le dosage du sel a été réalisé simultanément par titrage de l'ion SCN^- (potentiométrie) et de l'ion NH_4^+ (acidimétrie en présence de formaldéhyde) de manière à pouvoir déceler les adsorptions de nature purement ionique.

Une convergence semble se manifester dans le système au point de coordonnées — 0,25 molécule d'eau et + 2,5.10⁻³ molécule de sel par motif monomère. Si ce point de convergence est réel, il se traduit par la relation analytique

$$b_0(p) = pa_0(p) + 0{,}25p + 2{,}5.10^{-3}$$

reliant l'absorption de sel et d'eau par le polymère. A l'entraînement $p.a_0(p)$ du sel par l'eau dans le polymère, s'ajouterait une fixation directe de l'électrolyte sur l'alcool polyvinylique comprenant une fixation proportionnelle à la concentration de la solution $0.25p$ et une adsorption constante $2{,}5.10^{-3}$, très aible, d'origine superficielle. On pourrait considérer que les interactions entre le thiocyanate d'ammonium et l'eau d'une part, l'alcool polyvinylique d'autre part, sont régies par un véritable coefficient de partage, comme s'il s'agissait d'une dissolution du thiocyanate dans deux phases liquides en contact.

Si l'on n'admet pas la convergence on doit supposer une fixation directe de l'électrolyte sur le polymère, fonction de la concentration de la solution saline, sans qu'il soit possible de préciser si cette fixation a lieu directement sur les fonctions hydroxyles de l'alcool polyvinylique ou sur ces fonctions préalablement hydratées.

De toute façon, quelle que soit l'interprétation adoptée on est conduit à admettre une fixation du thiocyanate d'ammonium sur l'alcool polyvinylique, sans qu'il soit possible de mettre en évidence une combinaison définie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réduction de l'oxyde de chrome* Cr_2O_3 *par l'hydrogène au four solaire.* Note (*) de MM. **Félix Trombe** et **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

La réduction des oxydes de chrome par l'hydrogène en vue d'obtenir du métal a déjà été l'objet de nombreux travaux [1], [2], [3], [4], [5], [6] que l'on peut résumer ainsi :

(*) Séance du 12 juin 1950.

(1) P. Pascal, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 12, 1945, p. 627.

(2) T. Dieckmann et O. Hanf, *Zeits. Analytic Chem.*, 86, 1914, p. 361.

(3) H. Wartenberg et S. Aoyama, *Zeits. Electrochem.*, 33, 1927, p. 144.

(4) Meyer, *Mitteilungen d. K. Wilhelm Institut* (Dusseldorf), 13, 1932, p. 199.

(5) E. Newbery et J. Pring, *Proc. Roy. Soc.* (London), 92 A, 1916, p. 276.

(6) H. Wartenberg, J. Broy et R. Reinicke, *Zeits. Elektrochem.*, 29, 1923, p. 214.

1° L'oxyde CrO qui serait préparé à basse température donnerait, par action de l'hydrogène à 1000° C, du chrome métallique ([2]).

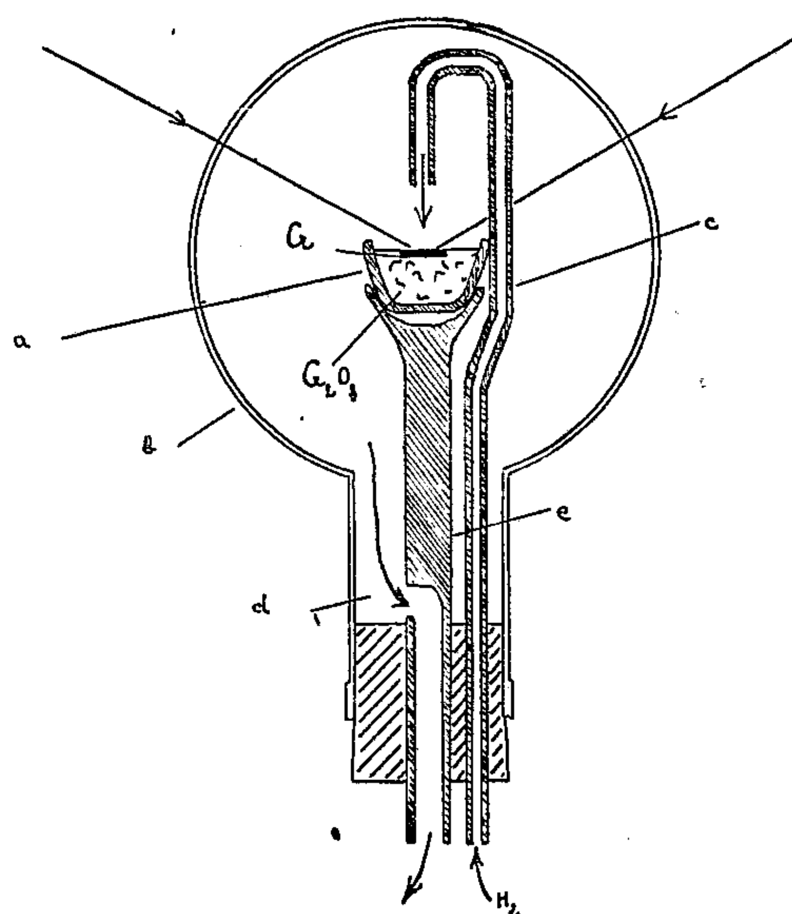
2° La réaction $Cr_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Cr + 3H_2O$ se produit sans formation intermédiaire de CrO. Elle est conditionnée, pour chaque température, par un rapport maximum R des pressions partielles de la vapeur d'eau et de l'hydrogène.

On a

$$R = \frac{p_{H_2O}}{p_{H_2}} = 10^{-6} \text{ à } 600^\circ \quad \text{et} \quad 10^{-3} \text{ à } 1130^\circ C \quad (^3).$$

Les valeurs logarithmiques du rapport R des pressions s'exprimant par une fonction linéaire de l'inverse des températures absolues ([1]), nous avons calculé les valeurs de ce rapport à 1800° C (point de fusion du métal) et à 2275° C [point de fusion probable de l'oxyde (Cr_2O_3)]. On trouve respectivement $R = 0,05$ et $R = 0,2$ environ.

3° Les résultats expérimentaux, en accord avec les conclusions précédentes, montrent l'extrême difficulté et la lenteur de la réduction de Cr_2O_3 en métal au-dessous de 1600° C ([4]). Par contre, à 2000° C, sous une pression de 150 kg/cm² d'hydrogène ([5]), et à 2500° sous 5 kg/cm² ([6]), la réaction serait rapide.



De telles méthodes ne conduisent pas à un métal très pur par suite de la contamination inévitable qu'il subit au contact de son récipient porté à très haute température. Le chauffage par rayonnement solaire permettant d'éviter les contacts entre le creuset et les produits fondus, nous nous sommes proposé de l'utiliser pour la préparation du chrome métallique.

L'oxyde Cr_2O_3 pur est placé à l'intérieur d'une capsule de silice (*a*)

maintenue par un support vertical à l'intérieur d'un ballon de pyrex (*b*) à col large, d'une capacité de deux litres (*fig.* 1). L'hydrogène, purifié par passage sur du calcium et débarrassé ainsi d'oxygène et d'azote, est envoyé, à l'aide d'un tube de silice (*c*) recourbé, sur la surface du produit traité, afin d'éliminer rapidement la vapeur d'eau formée par la réduction. On évacue l'hydrogène en excès et la vapeur d'eau par un orifice (*d*) percé dans la tige support (*e*) du creuset.

Le rayonnement solaire ([7]) se concentre à travers la paroi de verre pyrex sur la surface de l'oxyde de chrome qui se recouvre rapidement d'une couche de chrome fondu.

Après refroidissement, le métal se présente sous forme d'une pellicule d'un demi-millimètre d'épaisseur adhérant fortement à l'oxyde sous-jacent. Afin d'apprécier sa pureté, nous avons déterminé la variation de résistance électrique R_θ/R_0 qu'il présente entre $+100$°C et -195°C, température d'ébullition de l'azote liquide.

θ°C.....	—195°.	—150°.	—100°.	—50°.	0°.	+20°.	+40°.	+60°.	+100°.
R_θ/R_0....	0,098	0,276	0,517	0,262	1,000	1,051	1,049	1,104	1,232

Les valeurs observées se rapprochent de celles mises en évidence par Potter ([8]) et Erfling ([9]) avec des chromes très purs (99,99 %) d'origine électrolytique.

En résumé, le chauffage, à l'aide du rayonnement solaire, de l'oxyde de chrome Cr_2O_3, dans l'hydrogène, permet d'obtenir, sous la pression normale, la formation de chrome pur. Le type de montage décrit peut être utilisé pour d'autres traitements en atmosphère conditionnée (azote, oxygène, argon, etc.) ou même sous vide.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les nitrites complexes de plomb* II *ou cuivre* II. Note (*) de MM. **André Chrétien** et **Paul Hagenmuller**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les solutions d'acide nitreux et des nitrites réagissent avec une variété et une souplesse que marque l'incertitude de nos connaissances sur les composés formés. Notre étude détermine ces réactions dans un cas particulier en évitant toute cause de perturbation. Il s'agit de la formation de nitrites complexes : plomb II ou cuivre II, en solutions aqueuses dont la coloration est exaltée par rapport aux solutions des sels simples.

([7]) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry la Blanchetais, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 317.

([8]) *Proc. Phys. Soc.* (London), 53, 1941, p. 695.

([9]) *Ann. Physik.*, 41, 1942, p. 100.

(*) Séance du 12 juin 1950.

Deux solutions primitives équimoléculaires, l'une de nitrite de plomb ou de cuivre, l'autre de nitrite monovalent (Li, Na, K, Rb, Cs) ou bivalent (Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Mn, Co, Ni), sont mélangées en proportions variables et l'on détermine l'abaissement cryoscopique des mixtes correspondants.

La solution de nitrite de plomb, ou celle de nitrite de cuivre est préparée à partir de nitrite d'argent et de chlorure de plomb ou de cuivre, pris en proportions stœchiométriques, à 0°. La solution ainsi obtenue contient toujours deux ions NO_2^- pour un ion Pb^{++} ou Cu^{++}. Elle abandonne spontanément des vapeurs nitreuses au delà du titre réalisé. Les autres nitrites ont été préparés d'une manière analogue, en utilisant pour certains le sulfate au lieu du chlorure, et le nitrate de baryum.

L'abaissement cryoscopique n'étant pas indépendant de la concentration, il est nécessaire d'utiliser les *écarts* entre les valeurs expérimentales et celles qui sont relatives à la règle des mélanges. Le titre correspondant au maximum de la courbe des écarts indique la formule monomère du complexe, si ce complexe est unique et si les sels simples ne sont pas polymérisés ([1]). Il sera établi par ailleurs que cette dernière condition est bien réalisée ([2]).

Le maximum des écarts reste fixé si la concentration commune aux solutions primitives passe de M/3 à M/6, ce qui est en faveur de l'existence d'un seul complexe.

La formule la plus simple de ce complexe comporte, pour le plomb et pour le cuivre, un anion et un cation de même valence : mono ou bivalent :



$$\text{I.} \left\{ \begin{array}{l} [Pb(NO_2)_3]^- \; Z = 86, \\ \left[Cu\begin{smallmatrix}(NO_2)_3 \\ (H_2O)\end{smallmatrix}\right]^- \; Z = 35. \end{array} \right. \qquad \text{II.} \left\{ \begin{array}{l} [Pb(NO_2)_4]^= \; Z = 88, \\ [Cu(NO_2)_4]^= \; Z = 35. \end{array} \right.$$

Seul le complexe au cuivre trinitro semble être hydriné. En effet, le numéro atomique *effectif* de l'élément complexant est respectivement 86, 35, 88, et 35, pour les quatre formules admises, en application de la théorie de Sidgwick, nombre voisin du numéro atomique des gaz rares (radon, $Z = 86$ et krypton, $Z = 36$), et en accord avec la règle de la coordinence maximum de 4.

La constante de dissociation, déterminée par une méthode qui n'utilise que la courbe des écarts pour les solutions équimoléculaires ([2]), pour les complexes du type I diminue du lithium au cæsium, dans le sens de l'augmentation de la force de la base alcaline (qui est aussi celui des nombres atomiques). Elle varie d'une manière analogue pour les complexes du type I à l'exception du sel de magnésium. Ces constantes sont élevées, ce qui dénote une forte dissociation en sels simples. Le complexe au plomb est plus stable que celui au cuivre, sauf pour calcium et magnésium.

([1]) P. JOB, *Ann. Chim.*, 10e série, 9, 1928, p. 113.

([2]) P. HAGENMULLER, *Doctorat ès Sciences*, Paris, 1950.

		Li.	Na.	K.	Rb.	Cs.
Type I.	Pb....	2,9	2,4	1,7	1,6	1,6
	Cu....	3,4	2,5	2,1	1,7	–

		Zn.	Ni.	Co.	Mn.	Ca.	Sr.	Ba.	Mg.
Type II.	Pb....	4,5	3,5	2,8	2,2	2,1	1,7	1,5	1,5
	Cu....	8	5	3	2,3	1,7	1,7	1,6	1,3

Des mesures d'abaissement du point cryohydratique du nitrate de potassium montrent que ces complexes n'existent plus dès que la molarité s'abaisse à 0,01 M.

Le maximum des écarts est légèrement déplacé vers les concentrations croissantes en nitrite de cuivre pour les mixtes à éléments bivalents C'est un indice d'existence d'un second complexe, beaucoup moins stable encore que le premier, et moins riche en (NO_2). Il s'agit probablement du complexe trinitrite.

En résumé, les solutions mixtes de nitrite de cuivre (II) et de nitrite étranger contiennent essentiellement un anion complexe-monovalent avec trois radicaux (NO_2), ou bivalent avec quatre (NO_2), selon que l'autre élément métallique a pour valence 1 ou 2.

Le nitrite de plomb (II) se comporte de la même manière.

Tous les complexes mis en évidence sont très fragiles et fortement dissociés en sels simples.

Les résultats différents obtenus antérieurement par d'autres auteurs, dans le cas du cuivre seulement, nous semblent imputables à une perturbation par les anions présents autres que NO_2^-.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Cinétique de la décomposition de l'austénite des alliages fer-carbone-azote.* Note (*) de MM. **Jacques Pomey, Raymond Coudray** et **François Goutel**, présentée par M. Pierre Chevenard.

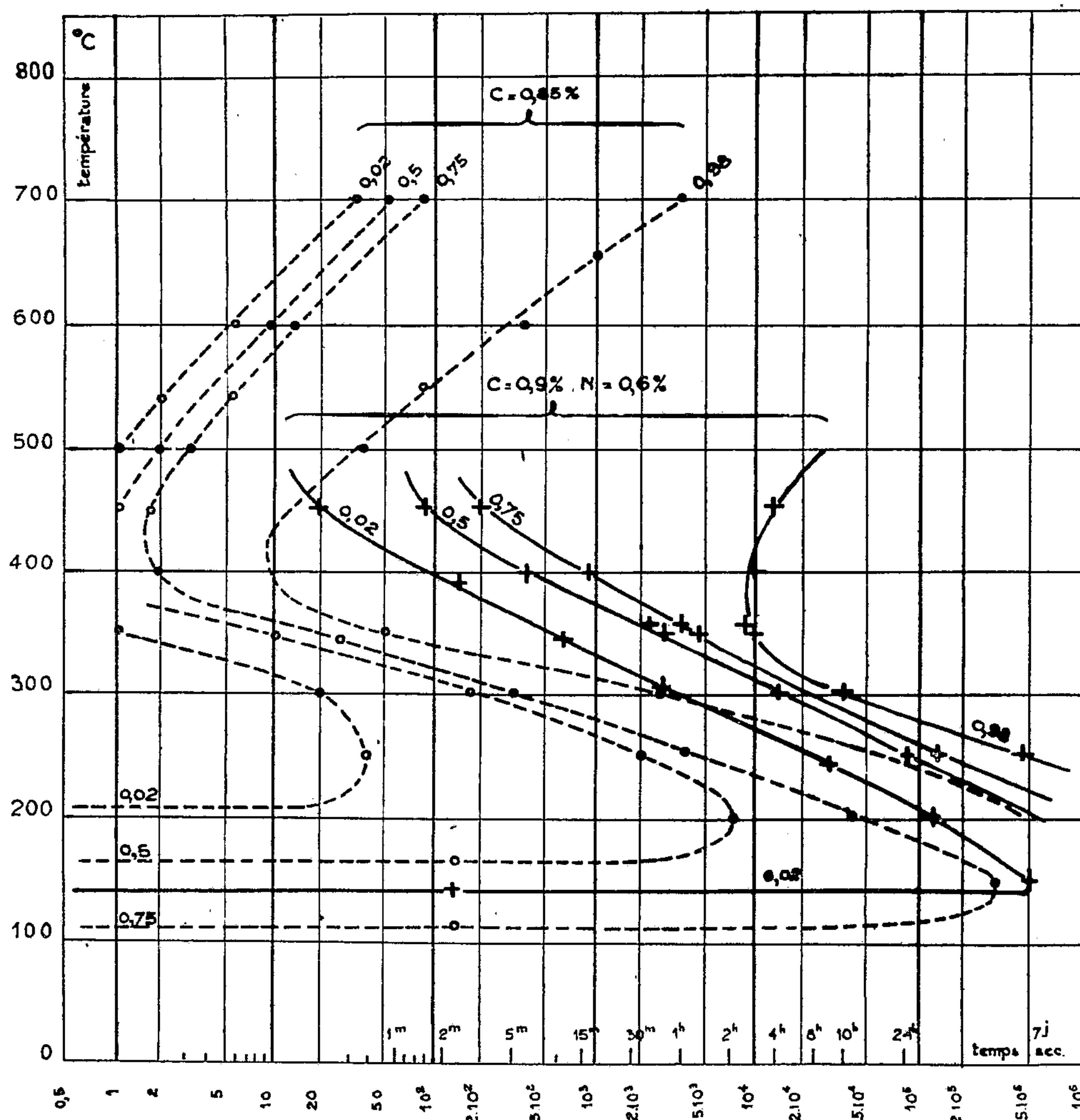
L'étude de la décomposition isotherme de l'austénite dans les alliages fer-carbone-azote obtenus par cémentation gazeuse des fils de fer et homogénéisation, montre que l'azote, a un effet ralentisseur considérable tant sur la vitesse de germination du fer α que sur la vitesse de cristallisation linéaire ; de plus, le point Ar''' est abaissé par l'azote.

Alors que dans une précédente Note ([1]) nous avons montré l'influence simultanée du carbone et de l'azote sur la température de transformation d'équilibre des aciers, dans la présente Note, nous montrons l'influence simultanée de ces éléments sur la vitesse de décomposition isotherme de l'austénite.

(*) Séance du 19 juin 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2196.

Nos essais ont porté sur des fils de fer de 0mm,5 de diamètre cémentés à 810° par une atmosphère de composition : CO de 32,5 à 33,8; N_2 de 35,2 à 36; C_3H_8 de 0,3 à 0,1; NH_3 de 0,8 à 0,3; azote : par différence, % en volume. Les



teneurs en propane et ammoniac sont maxima au début pour assurer le maximum de gradient chimique nécessaire à une diffusion rapide, mais décroissent jusqu'en fin de cémentation qui dure 2 heures 15 minutes pour assurer une bonne diffusion dans une atmosphère sensiblement d'équilibre. De la sorte, les fils trempés paraissent homogènes, dans toute l'étendue de leur section, à l'examen par micrographie et par microdureté.

L'étude de la décomposition isotherme de l'austénite a été poursuivie par voie magnétique à l'aide d'un dispositif à balance de Hugues et fluxmètre enregistreur que nous avons décrit par ailleurs (2); les fils réunis en paquet ont été austé-

(2) *Revue de Métallurgie*, 46, n° 12, 1949, p. 825-842,

nisés 3 minutes à 850° en atmosphère sensiblement d'équilibre et trempés dans un bain de sel à la température choisie pour la décomposition et placés dans l'axe d'une des bobines de la balance magnétique. On suit la variation du magnétisme en fonction du temps et, connaissant la susceptibilité magnétique des divers constituants à la même température, on en déduit les variations du taux de décomposition de l'austénite en fonction du temps. De là, on peut déduire les courbes d'égal taux de décomposition en fonction de la température et du temps (en échelle logarithmique). Ces courbes sont reproduites en traits continus sur la figure, où nous donnons comparativement en pointillé celle d'un acier eutectoïde à 0,9 % C sans azote, pour mettre en évidence l'influence de ce dernier élément. Grâce à la bonne homogénéité de ces alliages, l'influence de l'azote est considérablement plus élevée que celle que nous avions trouvée dans des essais préliminaires où la cémentation était poursuivie jusqu'au bout dans une atmosphère trop nitrurante.

Il résulte de l'examen de ces courbes, que l'azote ralentit considérablement à la fois les vitesses de germination et les vitesses de cristallisation linéaire. Pour le caractériser, il est commode de considérer le point milieu (point d'inflexion) des courbes chronographiques de décomposition isotherme de l'austénite auquel correspond la plus grande vitesse de décomposition et, par suite, la plus grande sensibilité dans la définition des temps. Ce choix du taux 1/2 étant fait, nous avons pris le rapport du temps correspondant à l'acier à 0,9 % C et 0,6 % N à celui relatif à l'acier 0,9 % C sans N; nous trouvons ainsi pour ce rapport : 5 à 450°, 24,7 à 400°, 132 à 350°, 60,5 à 300°, 73 à 250°; de plus, le point Ar''' de début de transformation martensitique est abaissé de 210° à 145°.

L'azote apparaît donc comme l'un des éléments les plus efficaces pour augmenter l'aptitude à la trempe des aciers. Ceci confirme d'une manière précise les données approximatives résultant de l'expérience industrielle et souligne l'intérêt des procédés de *carbonitruration* dans lesquels nous introduisons l'élément d'addition uniquement là où il est nécessaire, élément, au surplus, non coûteux par lui-même.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la structure des azotures.* Note (*) de Mme **Andrée Bonnemay** et M. **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

On calcule théoriquement les indices de liaison et les charges atomiques des différents types de molécules d'azotures, on en déduit les distances interatomiques.

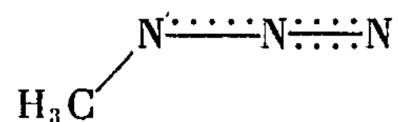
Les faits expérimentaux ([1]) et les discussions théoriques ([2]) suggèrent que

(*) Séance du 19 juin 1950.

([1]) Hendricks et Pauling, *J. A. C. S.*, 47, 1925, p. 2904; Frevel, *J. A. C. S.*, 58, 1936, p. 779; Pauling et Brockway, *J. A. C. S.*, 59, 1937, p. 13.

([2]) Mulliken, *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 720; Pauling, *The Nature of the Chemical Bond.*

les azotures alcalins renferment l'ion linéaire N_3^-; tandis que les azotures des métaux lourds et les esters organiques correspondants contiennent des molécules covalentes telles que



1° La figure 1 précise la nature de l'organisation électronique que l'on peut

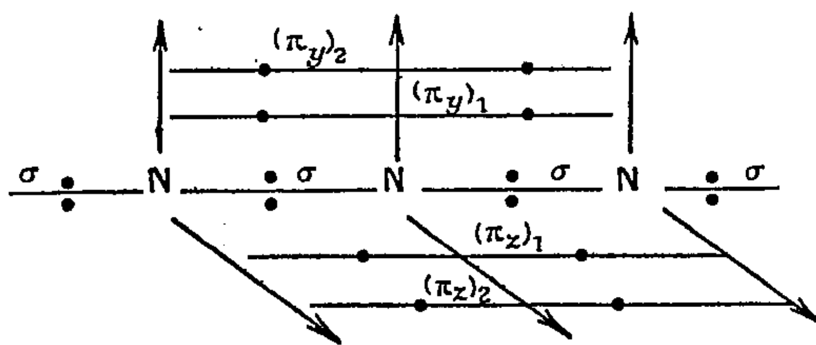
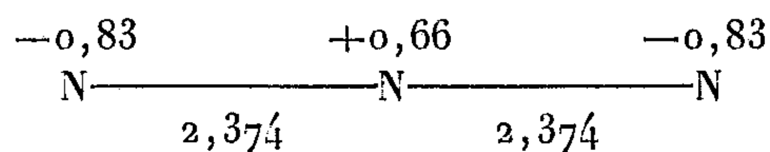


Fig. 1.

prendre pour base de l'étude de l'ion N_3^-. On peut alors évaluer les charges électroniques et les indices de liaison de cette molécule-ion en utilisant la méthode habituelle des orbites moléculaires. Les calculs ont été faits en adoptant d'abord des intégrales coulombiennes identiques pour chaque atome d'azote; puis en introduisant l'effet de charge selon la méthode itérative proposée par A. Laforgue ([3]). Les résultats figurent sur le diagramme suivant :



L'indice de liaison 2,374 correspond, d'après les valeurs de Bernstein ([4]), à une distance interatomique de 1,16 Å, valeur en parfait accord avec l'expérience.

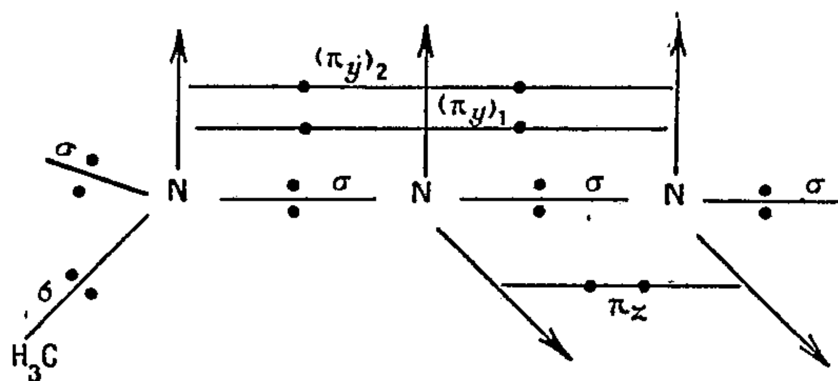


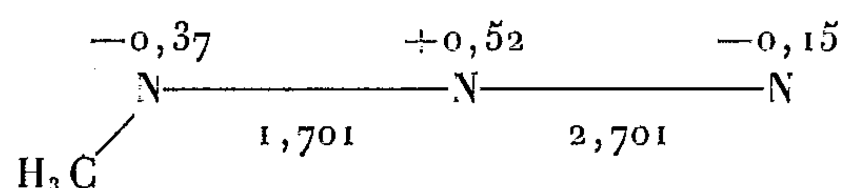
Fig. 2.

2° La figure 2 est relative à l'azoture de méthyle. Elle conduit au diagramme

---

([3]) *J. de Chimie Physique*, 46, 1949, p. 568.
([4]) *J. Chem. Phys.*, 15, 1947, p. 668.

suivant :



Toujours d'après les mêmes valeurs, les indices 1,701 et 2,701 correspondent aux distances interatomiques respectives : 1,25 Å et 1,12 Å qui restent encore en parfait accord avec les mesures expérimentales.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude expérimentale des répercussions de l'effet Mills-Nixon sur la basicité des amines et l'acidité des phénols.* Note de MM. **Fernand Kieffer** et **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'amino-5 tétraline est moins basique que l'*o*-xylidine-3; l'amino-6 tétraline l'est un peu moins que l'amino-5 hydrindène et l'*o*-xylidine-4. Ces observations s'accordent bien avec l'interprétation électronique de l'effet Mills-Nixon. Mais par contre, nous n'avons pas trouvé de différences analogues entre les acidités des phénols correspondants.

L'orientation des substituants introduits dans les molécules de la tétraline, de l'hydrindène et de l'*o*-xylène, ou de leurs dérivés monosubstitués, a suscité de nombreuses discussions. On a interprété les phénomènes observés, d'abord par une fixation des doubles liaisons du noyau benzénique, résultant d'une déformation des angles de valence à la jonction des deux cycles, et actuellement par des variations de la répartition électronique dans les trois types de molécules (1). Afin de déterminer la répercussion éventuelle de l'effet Mills-Nixon sur les propriétés électrochimiques, nous avons mesuré, par titrage électrométrique à l'aide d'une électrode de verre, les pK_H d'amines et de phénols appropriés, à $\pm$0,05 unité près. La préparation de tous ces composés, selon les méthodes indiquées dans la littérature, a donné lieu à quelques observations originales qui seront décrites dans un travail plus étendu.

Les valeurs trouvées pour l'*o*-xylidine-4, l'amino-5 hydrindène et l'amino-6 tétraline s'accordent bien avec le comportement général des dérivés β de ces trois carbures, et aussi, semble-t-il, avec les conclusions de G. Berthier et Mme A. Pullman (1) : l'amino-5 hydrindène est tout à fait comparable à l'*o*-xylidine-4, alors que l'amino-6 tétraline est un peu moins basique. Une plus forte conjugaison de l'azote avec le noyau aromatique de la tétraline rend compte du sens du phénomène, mais la diminution de basicité n'atteint pas 0,15 unité de pK_H. L'effet Mills-Nixon agit donc fort peu sur la propriété physique étudiée.

(1) G. Berthier et A. Pullman, *Bull. Soc. Chim.* 5e série, 17, 1950, p. 88-97 : nouvelle discussion de l'effet Mills-Nixon et bibliographie importante.

Corps étudiés.	Concentrations.	Températures.	pK_H.	pK_H ramenés à 25° (**)
Amino-5 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène...	M/100	16°	4,50 (*)	4,37
» -3 diméthyl-1.2 benzène..........	M/100	17	4,75	4,64
» -6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène...	M/100	17	5,20 (*)	5,09
» -5 hydrindène....................	M/100	16	5,35	5,22
» -4 diméthyl-1.2 benzène..........	M/100	17	5,33	5,22
» -1 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène...	M/125	20	9,66	9,55
» -1 phényl-1 éthane...............	M/100	17	9,63	9,45
» -2 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène...	M/100	17	9,97	9,80
» -2 phényl-1 propane.............	M/ 75	20	10,02	9,91
Diméthyl-2.3 phénol....................	M/100	18	10,60	10,50
Hydroxy-5 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène.	M/100	17	10,60	10,48
Diméthyl-3.4 phénol....................	M/100	18	10,42	10,32
Hydroxy-5 hydrindène..................	M/100	16	10,45	10,32
Hydroxy-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène.	M/100	17	10,40	10,28
o-crésol..............................	M/100	17	10,27	10,15
m-crésol..............................	M/100	18	10,10	10,00
p-crésol..............................	M/100	16	10,35	10,22
Diméthyl-3.5 phénol....................	M/100	18	10,25	10,15
Dinitro-2.6 diméthyl-3.4 phénol.........	M/500	21	4,55 (*)	4,50

(*) Extrapolation, pour l'eau, de valeurs obtenues dans des solutions hydro-alcooliques.
(**) En admettant des coefficients de température de —0,014 par degré pour les bases faibles, —0,022 pour les bases fortes (²) et —0,015 pour les phénols [déduit graphiquement des données de H. Lunden (³) pour le phénol].

Pour les dérivés vicinaux, *o*-xylidine-3 et amino-5 tétraline, la fermeture du cycle cyclohexénique diminue davantage la basicité : on remarquera, en effet, que dans les carbures correspondants, l'augmentation de l'indice de valence libre, favorisant la conjugaison d'un substituant éventuel, est aussi plus grande en α qu'en β, lorsqu'on passe de l'hydrindène, ou de l'*o*-xylène, à la tétraline.

En ce qui concerne les phénols, les résultats de nos mesures n'indiquent aucune influence de l'effet Mills-Nixon. Ainsi, les pK_H de l'*o*-xylénol-4, de l'indanol-5 et du tétralol-6 d'une part, de l'*o*-xylénol-3 et du tétralol-5 d'autre part, ne diffèrent entre eux que de quantités inférieures aux erreurs expérimentales possibles. D'autres auteurs (⁴) ont tiré la même conclusion de l'étude de trois composés plus complexes : nitro-5 *o*-xylénol-4, nitro-6 indanol-5 et nitro-7 tétralol-6.

Pour déterminer l'influence exacte d'un groupement méthyle en diverses positions, nous avons mesuré les pK_H des crésols, connus seulement par des

(²) N. F. Hall et M. R. Sprinkle, *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 3469 3485.
(³) *Z. phys. Chem.*, 70, 1910, p. 249-255.
(⁴) R. T. Arnold et R. L. Evans, *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 556-558.

mesures déjà anciennes ([5]). Nos chiffres concordent assez bien avec ceux de Boyd (pK_{II} à 25° : *o*-crésol 10,22 ; *m*-crésol 10,01 ; *p*-crésol 10,17), mais contrairement à lui, nous trouvons que l'*o*-crésol est un peu plus acide que le *p*-crésol. Les chiffres de Boyd pour les diméthyl-2,5-2,4 et -3,4 phénols (à 25°, respectivement 10,32, 10,47 et 10,28, cette dernière valeur étant confirmée par nos mesures) et le nôtre pour le diméthyl-3,5 phénol vérifient la règle d'additivité à 0,13 unité près. Par contre, le diméthyl-2,3 phénol dévie nettement de la valeur prévue (+0,29), de même que le dinitro-2,6 diméthyl-3,4 phénol (+0,55). La faible acidité de ce dernier était à prévoir en raison de l'inhibition de conjugaison d'un des groupements nitrés qui, comprimé entre l'hydroxyle et un méthyle, ne peut se placer dans le plan du noyau. Le cas du diméthyl-2,3 phénol paraît plus difficile à expliquer.

Nous avons voulu, par ailleurs, étudier la transmission de l'effet du groupement phényle à travers un cycle saturé accolé. Comme on pouvait le prévoir, l'amino-2 tétraline est comparable à la β-phényléthylamine ($pK_{II} = 9,83$ à 25°) ([6]) et à l'amino-2 phényl-1 propane. On observe des différences plus nettes entre les dérivés phénylés en α : amino-1 tétraline, amino-1 phényl-1 éthane, benzylamine (9,34 à 25°) ([6]) et *o*-xylylamine (9,23 à 25°) ([6]).

MINÉRALOGIE. — *Sur une chute de météorite en Annam le* 18 *juillet* 1941. Note de MM. EDMOND SAURIN et FRÉDÉRIC NAGY, présentée par M. Charles Jacob.

Une météorite, conservée au Musée du Service géologique à Hanoï, est tombée pendant la guerre, au village de Phuoc-Binh, Canton de Trung-Loc, huyen de Que-Son, province de Quang-Nam (Faifoo) dans le Centre-Annam.

Les notables du village de Phuoc-Binh ont alors signalé que, le 18 juillet 1941, vers 16h, ils ont entendu soudainement une détonation, puis un ronflement *semblable à celui d'un avion* et ont ensuite vu tomber un bloc noirâtre qui s'enfonçait dans la terre. Il y a été constaté une excavation large de $0^m,30$ et profonde de $0^m,25$ d'où une fouille a permis de retirer cette météorite.

Le bloc ainsi recueilli pesait 11^{kg}. En forme de calotte hémisphérique aplatie assez régulière de 26^{cm} de diamètre, sa surface est recouverte d'une croûte ferrugineuse noirâtre de 2 à 3^{mm} d'épaisseur. Sur la partie convexe de la météorite, cette croûte recouvre de nombreux et fins piézoglyptes divergeants de la partie centrale; des cannelures d'arrachement plus profondes (5^{mm}) se voient sur les bords. Sur la surface subplane, les piézoglyptes ne s'observent pas et la texture scoriacée de la croûte est beaucoup plus marquée, bulleuse; des coulées scoriacées provenant de la face convexe s'y observent dans une dépression. De fines craquelures de retrait parcourent ~~sur~~ toute sa surface la croûte ferrugineuse.

([5]) D. R. BOYD, *J. Chem. Soc.*, 107, 1915, p. 1540.

([6]) W. H. CAROTHERS, C. F. BICKFORD et G. J. HURWITZ, *J. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 2908.

Sous cette croûte, la masse de la météorite pierreuse est de couleur claire, grisâtre; ses cassures fraîches se ternissent rapidement. Sa densité est de 3,56.

Des grains métalliques nombreux et très petits piquettent la roche où des chondres, généralement plus clairs que la pâte qui les englobe, sont, à la loupe, assez peu marqués. Des taches de couleur rouille y sont nombreuses et paraissent résulter de l'oxydation des particules métalliques.

Le microscope montre des chondres souvent peu individualisés; on note des chondres fibro-bacillaires de pyroxène rhombique à structure radiée et des chondres pectinés ou granuleux d'olivine.

Ces chondres sont parfois entourés d'une bordure de pyroxène monoclinique.

On observe aussi des cristaux automorphes d'olivine et de bronzite (d'après le calcul, le pyroxène rhombique contenant 11 % de FeO est à la limite de la bronzite et de l'hypersthène).

La pâte qui environne ces chondres est formée de grains d'olivine et de pyroxène et contient en outre de petites plages de feldspath et des granules de merrillite.

Le fer est hétérogène. On observe par réflexion des plages d'un fer nickelé gris bleu représentant de fines veinules parallèles plus claires, et des plages jaunâtres de troïlite.

Ces plages sont généralement distinctes, mais parfois troïlite et fer nickelé sont accolés, ou encore la première est moulée par le second.

Cette météorite est la sixième dont la chute ait été enregistrée en Indochine depuis la présence française [1]. Elle ne diffère des précédentes que par les proportions de ses éléments et notamment du fer métallique. Celle-ci est polychondritique et miosidérifère comme celles de Phnom-Penh (1868) et de Tuan-Tuc, Vinh-Luoc (1921).

Les chiffres ci-dessous, qui combinent les résultats d'analyses effectuées par l'un de nous au Laboratoire du Service des Mines à Hanoï sur la partie métallique attirable à l'aimant et sur la partie pierreuse, indiquent la composition de la météorite de Phuoc-Binh.

Fe	11,36	Fer nickelé	9,0	15,3
Ni	1,83	FeS	6,3	
S	2,32	Feldspath	7,9	82,8
SiO_2	39,66	Diopside	5,8	
Al_2O_3	2,13	Bronzite	28,2	
FeO	13,95	Péridot	40,9	
MnO	0,32	Merrillite		0,7
MgO	24,73	Fer nickelé $\frac{Fe}{Ni}$		6,5
CaO	2,41	Silicate (total) $\frac{MgO}{FeO}$		3,1
Na_2O	0,74	Pyroxène $\frac{MgO}{FeO}$		3,3
K_2O	0,10	Péridot $\frac{MgO}{FeO}$		3,0
P_2O_5	0,35			
	99,90			

(1) CH. JACOB et M. REMOVILLE, *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 1373; A. LACROIX, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 977; **197**, 1933, p. 565.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la présence de högbomite dans une spilite du Cameroun.* Note de M. **André Sandrea**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Parmi les roches rapportées du Cameroun Nord en 1949, par M. Édouard Roch, figure un échantillon de lave primitivement poreuse, provenant de l'Hosséré Koljam, élément central de la formation de Mangbeï [1].

Le remplissage des pores par des couches concentriques de céladonite, calcédoine et calcite, ainsi que l'albitisation des feldspaths, tant des microlites que des phénocristaux, permettent de ranger cette lave dans la famille des spilites.

Parmi les phénocristaux, on trouve d'anciens pyroxènes automorphes, entièrement transformés en un produit jaune fibreux, parfois disposé en sphérolites, et réunissant les caractères de la bastite.

Outre ces pyroxènes, la lave comporte quelques contours squelettiformes d'un minéral opaque, ou à peine translucide, de couleur noir rougeâtre, aux formes carrées ou rectangulaires. En lumière réfléchie, ce minéral s'est avéré peu réfléchissant (absorption dans le visible de l'ordre de 80-90 %) et isotrope : cet ensemble de caractères permet de conclure à un spinelle, alumino-ferro-magnésien, se situant probablement entre le pléonaste et les ferro-picotites.

L'intérieur de ce cadre de spinelle est souvent occupé par un ou plusieurs cristaux de haut indice, aux formes polygonales irrégulières, parfois hexagonales, et présentant une intense coloration jaune. Leur taille oscille entre 10-50$^{\mu}$.

Optique. — Le minéral est légèrement polychroïque [ng jaune $>$ 1 845 $<$ 1 850; np. brun jaune $\#$ 1,840; ng-np (au comp. Bérek) = 0,047-0,048. Pas de clivages, de vagues cassures. Uniaxe négatif (sur section hexagonale). Système rhomboédrique, symétrie probablement hexagonale].

Ces caractères correspondent à ceux de la Högbomite, $MgO(Al_2Fe_2)O_3TiO_2$; minéral trouvé comme pseudomorphose du pléonaste dans les spinellites à magnétite et ilménite de Routevaare, en Suède, par A. Gavelin [2] et dans les spinellites à corindon de Whitless en Virginie, par T. Watson [3].

Nous avons cherché une confirmation spectrographique de la nature chimique du minéral.

Dans ce but, la roche broyée a été soumise à une séparation magnétique, et dans le produit de cette séparation, le minéral jaune a été trié au microscope.

Le témoin utilisé a été de la Högbomite isolée sous le microscope, dans un échantillon de la spinellite de Kirkkjok-Routevaare. 15^{mg} de chacune de ces substances ont été spectrographiées dans l'arc à 90 V, 4 A durant 65 secondes. Les deux corps ont fourni des spectres identiques quant aux éléments essen-

---

(1) *Comptes rendus sommaires des séances de la S. G. F.*, 1949, n° 13, p. 310.

(2) *Bull. Géol. Inst. Upsala*, 15, 1916, p. 289.

(3) *American Mineralogist*, 10, 1925, 1, p. 1

tiels, à savoir, Al, Fe, Mg, Ti; tous les deux accusent de faibles teneurs en chrome; les différences n'interviennent qu'au niveau des traces : en effet, le minéral de Routevaare renferme la série classique des éléments d'intrusions ultra-basique (Cu, Ni, Co, V), tandis que le spectre de l'échantillon de Koljam accuse des traces de Ca, K, Na, Cu. Cette différence est aisément explicable en fonction de la nature chimique des roches renfermant le minéral.

Il semble donc que le minéral jaune soit bien de la högbomite. Quant à sa formation dans une lave, elle est inattendue; Gavelin et Watson ont attribué la naissance de la högbomite à l'introduction de titane dans la maille de spinelle, titane venant remplacer partiellement le fer, et provenant de l'ilménite dont leurs roches étaient riches. Il semble que rien ne s'oppose à une hypothèse analogue pour le cas présent : une roche comme une spilite ayant subi d'importantes modifications de nature hydro-thermale, largement suffisantes pour une attaque partielle des spinelles et pour la serpentinisation totale des pyroxènes. C'est de ces derniers que proviendrait le titane : en effet, les augites des laves sont presque toujours titanifères, et la bastite ne l'est pas.

Nous avons tenu à signaler la présence de Högbomite dont la spilite de l'Hosséré Koljam constitue à notre connaissance le troisième gisement.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la faible importance de la désagrégation mécanique et sur l'évolution des pentes dans le massif du Hoggar (Sud-Algérien).* Note (*) de M. **Jean Malaurie**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

L'importance actuellement réduite de la désagrégation mécanique dans le massif du Hoggar peut être précisée par les observations suivantes :

Dans les éboulis ou le reg 10 à 15 % des éléments ont subi, postérieurement à la formation de la patine ou du vernis, un délit superficiel, 2 % au plus une fragmentation notable. Les dimensions des blocs d'éboulis en état d'équilibre, varient selon la roche : schistes, 20^{cm}; grès, granites, 35 à 40^{cm}; phonolithes, 40 à 50^{cm}. C'est dans les basaltes et les schistes, que la fragmentation mécanique des débris est le plus sensible. (Pourcentage des blocs désagrégés : basalte, 8 à 10 %; schistes, 15 à 18 %.) Peu soumis à la fragmentation, les débris granitiques se désagrègent sur les pentes et s'amenuisent progressivement par désintégration granulaire, tandis que, sur les pentes rocheuses de granites (Garet El Djenoun) et de grès (Amguid), on observe une forte désquamation actuelle (écailles de 2 à 3^{mm} superposées sur 4 à 5^{cm}) (1).

(*) Séance du 19 juin 1950.

(1) Encore que, en altitude (Tahat : 2918^{m}, Assekrem), des cas de fragmentation par le gel consécutif à des chutes de neige aient pu être suivis (février 1950).

(2) J. Malaurie, *Bull. de l'Ass. Géographes français*, 1950, 10 pages, 4 figures.

La faible usure des roches peut être attribuée à la réduction des oscillations thermiques 11.

Des mesures de température effectuées sur des parois de versants indiquent que l'amplitude des variations journalières décroît rapidement en profondeur. L'épaisseur de la zone superficielle affectée par les oscillations de la température extérieure est, en première analyse, de 40^{cm} (gneiss), 25^{cm} (sable).

Nos nombreuses mesures donnent aux éboulis des pentes d'équilibre concaves de 26 à 38°. (Schistes 27°, granites et basaltes, 28 à 30°). La pente *critique*, au-dessous de laquelle les débris ne se meuvent pas par gravité, est de 15 à 20° à l'aval, inférieure dans les phonolithes (Plateau de l'Assekrem) et les schistes.

En somme, les pentes du massif du Hoggar se révèlent plus faibles que celles que nous avons pu observer sous des climats sub-arides froids (côte Ouest du Groenland) où la grosseur des débris donne aux éboulis de fortes pentes que les mouvements de gravité favorisés par les poussées de la glace interne ne réduisent que légèrement ([2]). C'est le calibre des débris qui paraît déterminer, en fait, le profil d'un éboulis ([3]). Au Groenland, le gel pénétrant en profondeur selon les diaclases détache de gros blocs qui, ensuite, s'ils sont imperméables, ne s'amenuisent guère faute de fissures. Dans le Hoggar, par contre, les actions mécaniques restent superficielles et la désagrégation continue à s'exercer sur les débris jusqu'à de faibles dimensions-limites.

Le pourcentage des blocs orientés par rapport à la pente indique que les éboulis du Hoggar sont encore fonctionnels, par gravité, en amont (70 % des débris parallèles à la pente) par ruissellements, en aval (55 % perpendiculaires à la pente). Mais ces mouvements sont lents 10 à 20^{cm} en un an, d'après des repères à la peinture.

Contrairement à ce qu'on pourrait attendre, les éboulis n'ont le plus souvent qu'une faible épaisseur (40 à 60^{cm}) : Tesnou granitique, Tassali gréseux d'Amguid, pentes de l'Atakor (Hadriane Adaouda). Posés à plat, les blocs clairsemés sur la pente, sont peu classés. Convexe en amont, le profil est très légèrement concave en aval.

Deux types régionaux, liés à la nature de la roche, peuvent néanmoins être distingués : pentes basaltiques, pentes granitiques et pentes gréseuses. La base des versants basaltiques (Atakor) est ceinturée en effet jusqu'aux 2/5 de la hauteur d'un bourrelet continu d'atterrissements limoneux, épais de 1 à 2^{m} qui soudent en profondeur la masse des débris. Aussi le ruissellement en nappe ne déplace-t-il que les seuls débris superficiels. Fossilisés à la base, les versants basaltiques n'évoluent que dans leurs sections supérieures. Cependant que dans la région de l'Atakor, le sommet d'un éboulis fixe le point à partir duquel l'érosion cesse d'agir, sur les pentes granitiques et gréseuses, la roche en place,

([3]) Cette conclusion infirme une observation locale précédemment présentée, *Ibid.*, 1949, nos 198 et 199, *cf.* p. 4.

non empâtée de limon, est soumise du piedmont au sommet à une exposition renouvelée, étant périodiquement débarrassée par les actions conjuguées du ruissellement et du vent des débris les plus fins (jusqu'à 10-15^{cm}). Cette observation est importante. La notion d'ennoyage désertique n'est plus ici valable. Tout se passe comme si les actions de transport étaient plus rapides que les effets de la désagrégation. Il se forme un versant convexe. A la limite, les massifs granitiques, gréseux et schisteux évoluent vers des reliefs en dôme.

GÉOLOGIE. — *Structure du synclinal mésozoïque séparant les deux rameaux du Massif cristallin de Belledonne (Isère); présence de filonnets d'anhydrite dans la masse même des gneiss de ce massif.* Note de Mme **Annette Vaysse**, MM. **Léon Feugueur** et **Jean Ricour**, transmise par M. Maurice Gignoux.

Sur la droite de la Romanche, au droit de Séchilienne, le synclinal s'enracine profondément dans le massif cristallin; à son voisinage, et à plusieurs centaines de mètres de la surface, les gneiss contiennent des filonnets d'anhydrite déposée sans doute par des eaux de circulation minéralisées par le Trias gypsifère de l'ancienne couverture.

L'Électricité de France (E. D. F.) vient de terminer le percement d'une galerie de dérivation sur la rive droite de la Romanche entre Gavet et le Péage de Vizille (*voir* carte géologique au 1/80000, feuille Vizille, 2e édition). Les travaux ont été suivis régulièrement par nous, pour le compte du Bureau des Recherches géologiques et géophysiques. Nous croyons utile de signaler deux particularités constatées dans cette galerie.

1° On sait que dans le massif cristallin de Belledonne, P. Lory a individualisé [1] deux rameaux (ou *chaînons*), dits externe et interne, séparés par un synclinal de terrains secondaires. La vallée de la Romanche les entaille profondément en amont de Vizille.

Sur la rive gauche (Sud), le synclinal intermédiaire est très large, puisqu'il se dilate dans l'immense massif liasique du Grand Serre, qui sépare ici le rameau interne (Taillefer) de l'externe (dôme de La Mure); là, il est en même temps très profond, car P. Lory a pu suivre ses racines triasiques jusque dans les ravins de Saint-Barthélemy de Séchilienne (cote 600 environ). Sur la ive droite (Nord), dans le plateau de Montsec qui domine le Péage de Viziller et Séchilienne, notre synclinal est très étroit et n'était jusqu'à présent connu qu'au sommet de ce plateau (cote 1150). Dans le versant qui descend à la Romanche, et qui est d'ailleurs revêtu de végétation, de moraines et d'éboulis, on ne connaissait aucun affleurement de Trias (ou de Lias) permettant de supposer que ce synclinal s'enracinait profondément.

Or la galerie creusée par E. D. F. à travers ce versant, à la cote moyenne

---

(1) *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, 15, III, 1931, p. 125.

de 430^m, y a rencontré au Nord du clocher de Séchilienne (entre les fenêtres 5 et 6) et sur une largeur de 137^m (entre les points kilométriques 4065 et 4202) une zone de roches broyées, correspondant à un mélange tectonique de calcaires dolomitiques jaune ocre souvent ferrugineux parcourus en tous sens de filonnets de sidérose. En lame mince ils se montrent imprégnés d'oxyde de fer et riches en cristaux de muscovite et de quartz; ils contiennent aussi quelques feldspaths. Ces calcaires sont mélangés à des gneiss à amphibole et certains blocs sont formés d'un mélange intime de ces deux roches. En raison du broyage intense et de l'abondante circulation d'eau dans tout ce secteur, il paraît tout à fait inutile d'invoquer un métamorphisme général pour expliquer la présence de minéraux secondaires dans les calcaires et l'interpénétration gneiss-calcaires. Quelques blocs sont complètement pulvérulents, d'autres présentent un début d'altération en cargneules. Enfin, dans la partie Est de cette zone nous avons observé des bancs d'argile dus probablement à la décalcification (ou à des résidus des marnes primitivement gypsifères du Keuper) et une roche gréseuse blanche très écrasée ressemblant aux grès de base de la série triasique.

Malgré l'absence de fossiles dans les calcaires, il est certain qu'il s'agit bien ici de Trias.

Ainsi notre synclinal déjà très étroit à la cote 1150 (plateau de Montsec-Fau Laurent) pénètre pourtant jusqu'au cœur du massif cristallin et a encore une largeur de 137^m à la cote 430. Cela met bien en évidence l'importance et la profondeur de la dislocation qui sépare les deux *rameaux* individualisés par P. Lory et qui se distinguent aussi de leur constitution pétrographique : gneiss acides et schistes cristallins pour le rameau externe, amphibolites et gneiss amphiboliques pour le rameau interne.

2° D'autre part, la même galerie, pénétrant en amont (à l'Est) du synclinal dans le rameau interne, y a rencontré entre les fenêtres 4 et 5 (entre les points kilométriques 3014 et 3055, donc à 1000^m de distance horizontale de la bande triasique), dans les gneiss amphiboliques, plusieurs filonnets (largeur maximum 6^{cm}) formés principalement d'anhydrite mais comportant également du quartz, de la calcite, de l'épidote, de l'amphibole et de la pyrite. L'anhydrite est bien cristallisée (secondaire) en larges plages non orientées. La calcite est cristallisée en grandes plages, l'épidote forme de grands cristaux mais se présente plus généralement en petits cristaux, l'amphibole forme de grands prismes allongés. Le quartz est représenté en majeure partie par de petits cristaux, mais forme également de grandes plages. La présence de ces filonnets (dans lesquels domine l'anhydrite) au cœur même du massif amphibolique, peut s'expliquer de deux façons :

A. On pourrait penser à des filons de *sécrétion* où l'anhydrite résulterait de la réaction entre sulfure (par exemple pyrite) et calcite (précisément fréquente ici en filonnets dans les roches amphiboliques, à tel point que la flore de ce

massif cristallin contient des espèces calcicoles). L'oxydation de la pyrite semble toutefois difficilement concevable à une profondeur assez grande pour que la température et la pression permettent la formation d'anhydrite et non de gypse.

B. On peut aussi supposer que l'anhydrite a été déposée par des eaux venant de la surface et minéralisées par le Trias gypsifère de l'ancienne couverture.

Cette observation n'est d'ailleurs pas isolée. Au cours du percement du tunnel du Simplon, des filons d'anhydrite ont été rencontrés dans des micaschistes à proximité des masses triasiques. En France nous avons constaté il y a quelques années dans la galerie dérivant le torrent sous-glaciaire de Tré-la-Tête (Sud du Massif du Mont Blanc) vers le lac de la Girotte, à 3 535^{m} de la prise d'eau, la présence d'un filon d'anhydrite pure et bien cristallisée au sein des gneiss du Mont Blanc.

HYDROLOGIE. — *La phase de la composante annuelle de l'écoulement fluvial en Scandinavie.* Note (*) de **M. Vladimir Frolow**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La carte de la répartition de la phase (juillet 1943) de la composante annuelle de l'écoulement en Scandinavie a été obtenue par le calcul suivant la méthode de M. et Mme Labrouste, des séries hydrométriques de Danemark, Norvège, Suède et Finlande. La phase étant indépendante de l'amplitude de la composante et de la hauteur des précipitations, on peut en la considérant faire ressortir les influences autres que celles qui sont envisagées lorsque l'on étudie la hauteur des précipitations, et notamment les suivantes :

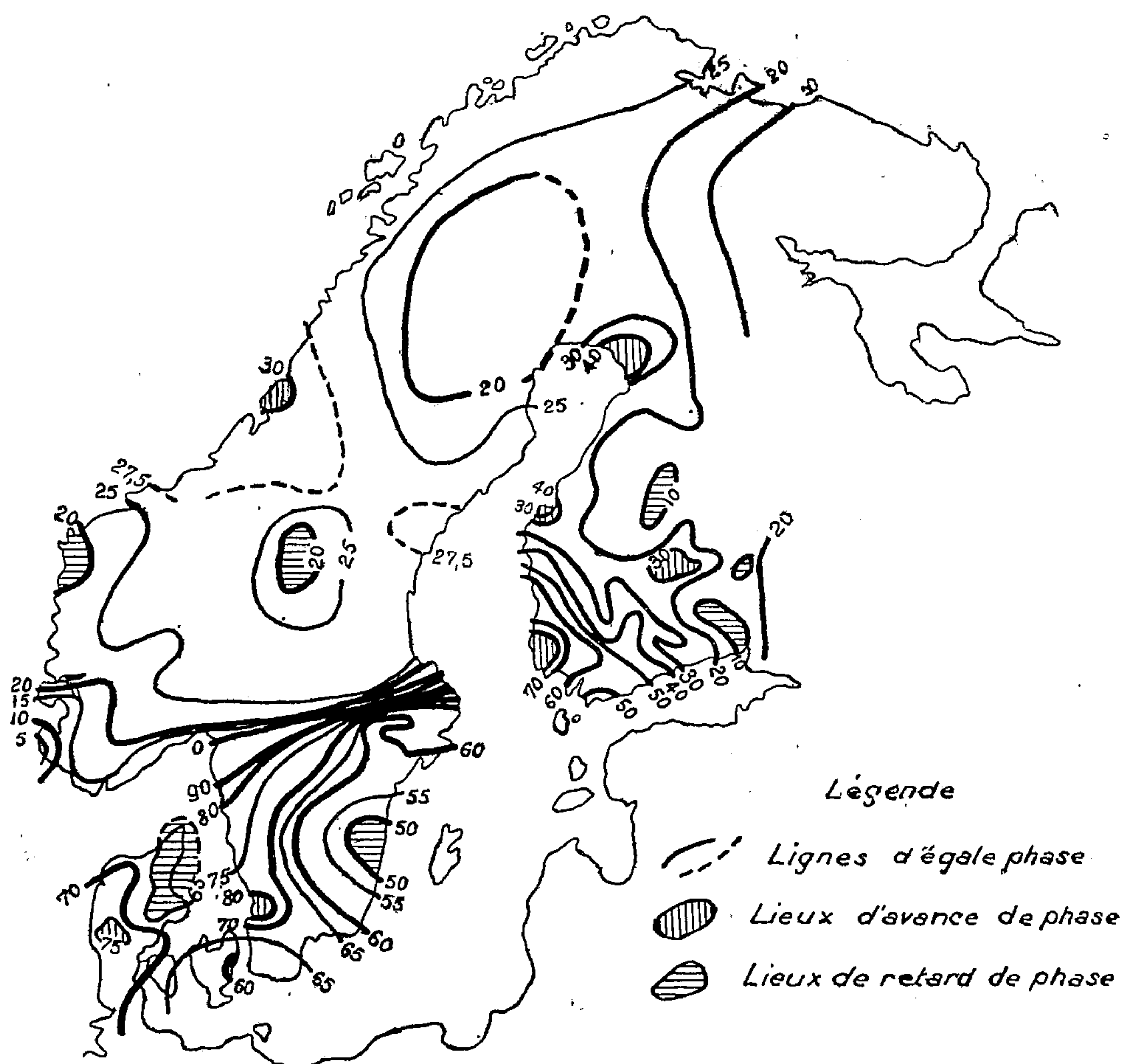
Forme du contour du continent. — Les lieux d'avance de phase se trouvent au voisinage des lieux de changement de direction des côtes (cette influence n'a pas encore été signalée). Elle varie de l'ordre de 10 jours aux environs de Trondhjeim, et d'environ un mois à la pointe Nord du golfe de Botnie.

Mers et lacs. — La diminution de la phase apparaît en rapport avec certains tracés des côtes. On peut dire que la composante annuelle de l'écoulement fluvial se propage à partir des côtes actives et que le lieu de sa phase la plus tardive est la limite entre les influences des différentes mers. Ainsi la zone d'influence de la mer de Norvège dépasse vers l'Est la ligne du partage des eaux de la chaîne scandinave ; celle de la mer du Nord englobe le Danemark et la partie Sud de la Suède ; les deux zones d'influence de la Baltique s'étendent l'une sur la Suède, l'autre sur la Finlande et se font sentir dans la direction de la mer Blanche.

A l'Est de la région lacustre de Finlande on rencontre encore un centre d'avance de phase, décelé grâce à la méthode de M. et Mme Labrouste. L'avance

(*) Séance du 19 juin 1950.

de phase considérée atteint un mois sur notre carte ; elle doit varier en extension et en grandeur avec les conditions météorologiques et leurs répercussions biologiques.



Relief. — Son influence se voit dans la pénétration très profonde à l'intérieur du pays de l'avance de phase de Trondhjeim dans la région d'inflexion axiale de la chaîne. Ceci est très comparable à ce qui a été trouvé pour l'Oural. Le relief présentant en Scandinavie une ligne de crête parallèle au rivage, les deux influences doivent en partie se confondre et il serait difficile de les apprécier séparément.

Gulf-stream. — On sait que ce courant marin qui crée une anomalie positive des températures longe la côte norvégienne au Nord des Lofotens. Son influence tient à la part de la fonte des neiges dans l'alimentation des cours d'eau des régions considérées. Une élévation de la température fait avancer la fonte et, par suite, la phase de la composante annuelle. La mesure de cette influence doit atteindre deux à trois semaines.

Latitude. — L'importance des influences précédemment notées n'empêche pas de distinguer celle de la latitude qui retarde la phase vers le Nord. On peut l'apprécier numériquement en comparant le Nord de la Norvège et le Sud du Danemark. Le retard d'un jour pour environ 13^{km}, est assez proche de celui qui a été trouvé pour le bassin du Tobol où l'influence de la latitude est prépondérante.

PALÉOBOTANIQUE. — *Une flore pollinique tempérée inclue dans les moraines dites wurmiennes d'Armoy près de Thonon (Haute-Savoie).* Note de MM. **Georges Lemée** et **Franck Bourdier**, présentée par M. Roger Heim.

Une couche de tourbe, interstratifiée dans des moraines récentes, contient, entre deux lits à flore *froide* (épicéa dominant), un niveau où la relative abondance du Chêne marque un réchauffement climatique attribuable à un interstade wurmien.

La profonde gorge de la Dranse, en amont de Thonon, met à jour des formations alluviales consolidées en poudingue pouvant dépasser 50^m d'épaisseur; longtemps considéré comme interglaciaire, ce poudingue est en réalité fluvio-glaciaire, car il passe latéralement et vers sa base à des moraines typiques, comme l'avait signalé E. Gagnebin [1] et comme l'un de nous l'a très nettement constaté.

Au-dessus, d'épaisses couches morainiques, unanimement dites wurmiennes, contiennent à l'état remanié des blocs du poudingue sous-jacent, qui était donc déjà consolidé au moment de son recouvrement par la moraine. Ce deuxième complexe glaciaire, qui peut atteindre 100^m d'épaisseur, doit être lui-même subdivisé en deux; en effet, à 500^m environ au Nord de l'église d'Armoy, il montre à mi-hauteur une couche de 30^m environ d'argile sableuse à galets striés; au tiers inférieur de cette couche, un niveau de tourbe terreuse de 0^m,50 à 1^m d'épaisseur signalé par A. Favre (1867), non retrouvé par Gagnebin, était bien visible en 1945 et de nouveau masqué par un éboulement en 1947.

N°.	*Pinus.*	*Picea.*	*Abies.*	*Alnus.*	*Betula.*	*Quercus.*	*Corylus.*	Graminées.	Filicales (spores).
				Série A.					
1.......	28%	72	–	–	–	–	–	–	12
2.......	47	32	4	5	–	12	2	–	1
3.......	18	78	–	–	2	2	–	2	12
4.......	36	59	2	3	–	–	1	–	5
				Série B.					
1.......	48	32	–	–	4	16	–	2	–
2.......	40	58	–	–	2	–	–	–	35

(1) *Bull. des Lab. de Géologie*, 58, 1937; référence aux travaux antérieurs.

L'analyse pollinique de ce niveau tourbeux, faite sur deux séries verticales d'échantillons, A et B, prises parallèlement, a fourni les pourcentages ci-dessus.

Ces analyses montrent une sylve à pin et épicéa dont l'alternance permet de distinguer trois phases : une première à épicéa dominant (nos 3 A, 4 A et 2 B) avec sapin et essences feuillues très rares : une seconde (nos 2 A et 1 B) à pin dominant avec chêne assez abondant, noisetier représenté et pollens d'espèces herbacées variées; une phase terminale (no 1 A) à épicéa de nouveau dominant sans pollens d'essences feuillues ni d'espèces herbacées. Une telle succession suggère fortement une période de réchauffement relatif pendant la phase médiane, polliniquement la plus variée et la plus riche en espèces thermophiles.

Ce spectre pollinique de la couche médiane, à chêne assez abondant, rappelle beaucoup ceux établis en Savoie et en Suisse, à la même altitude, dans des sédiments post-wurmiens, au passage de la phase pré-borérale du pin à la phase boréale de la chênaie-mixte; mais l'épicéa, présent à Armoy, manquait pendant ces phases post-wurmiennes, n'étant revenu coloniser nos Alpes que très tardivement.

Ce spectre pollinique d'Armoy rappelle aussi ceux, actuellement connus [2], des charbons feuilletés quaternaires de Suisse et de Savoie; ces charbons sont très probablement interglaciaires, ayant fourni *Elephas antiquus, Rhinoceros mercki, Brasenia purpurea* et *Buxus sempervirens*. Cependant, comme l'avaient souligné G. de Mortillet et A. Favre, les dépôts d'Armoy semblent plus récents que les charbons feuilletés en raison de leur position stratigraphique et de leur aspect de tourbe à peine comprimée, alors que les charbons feuilletés sont de véritables lignites très compacts, riches en branches d'arbres fortement aplaties, dures et lourdes. Il est donc permis de supposer que les tourbes d'Armoy, comme les couches de Wässerifluh, en Suisse, selon Lüdi, datent d'un des interstades de la dernière période glaciaire, interstades maintenant bien connus sur de nombreux points de l'Europe du Nord grâce aux analyses polliniques [3].

Rappelons qu'on ne peut actuellement établir de parallélisme précis entre les charbons feuilletés et les tourbes d'Armoy, d'une part, et les glaciations dites de Würm, Riss, Mindel et Günz, d'autre part, parce que ces dernières sont définies, non par des flores ou des faunes, mais par des couches pédologiques (loess, ferretto, etc.) qui recouvrent les terrasses fluvioglaciaires péri-alpines et ne se trouvent jamais en relations stratigraphiques réelles avec les tourbes et lignites intra-alpins.

---

(2) J. Gourc et F. Bourdier, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 12; G. Lemée, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 23; W. Lüdi, *Verhandl. I. Schweizer. Naturforsh. Gesellsch.*, Zürich. 1946, p. 135.

(3) Synthèse et bibliographie sur les phases interstadiaires du Nord de l'Europe dans : E. S. Deevey, *Bull. of the Geol. Soc. of Amer.*, 60, 1949, p. 1315-1416.

PALÉOBOTANIQUE. — *Le Houiller de la zone du Briançonnais.* Note de M. **Paul Corsin**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le terrain houiller de la zone du Briançonnais a récemment été assimilé au Westphalien A à D. D'après nos études, on trouverait dans cette zone houillère, la partie supérieure du Westphalien B, le Westphalien C et D et la base du Stéphanien. L'Assise de Vicoigne (Westphalien A) n'y serait pas représentée.

Le terrain anthracifère de la zone du Briançonnais a fait l'objet de nombreux travaux, notamment de Brongniart (1), Élie de Beaumont (2), Sc. Gras (3), Grand'Eury (4), Zeiller (5), et Pussenot (6). Grand'Eury considère que les empreintes du Briançonnais indiquent des *couches inférieures à celles de La Mure et assez contemporaines de celles de Rive-de-Gier.* Pour Zeiller, ces empreintes montrent que *non seulement plusieurs horizons stéphaniens se trouvent représentés dans les grès et anthracites du Briançonnais, mais que l'on peut y reconnaître aussi le Westphalien supérieur* (*étage de Sarrebruck*). Quant à Pussenot, lui aussi distingue plusieurs zones dans ce Houiller : il fait rentrer les terrains carbonifères de la région de Briançon, des environs de Valloire, du Col du Petit Saint-Bernard dans le Westphalien A (Assise de Vicoigne) (il y signale en effet *Neuropteris Schlehani*) et ceux du Col des Encombres, des environs de Macôt dans le Westphalien supérieur D.

J'ai pu revoir les empreintes fossiles provenant de la zone du Briançonnais du Houiller des Alpes et conservées au Musée de la Faculté des Sciences de Grenoble. J'ai également pu réviser les échantillons carbonifères conservés au Musée de Gap. Enfin, la détermination des fossiles végétaux récoltés par MM. Fabre et Greber, Ingénieurs-géologues au B. R. G. G., m'a apporté des éléments nouveaux pour cette étude.

1. En ne tenant compte que des espèces ayant une importance stratigraphique, j'ai pu établir la liste de plantes suivantes de la région de Briançon jusqu'à Valloire :

Mariopteris rotundata Huth (La Combarine, Puy Richard, Puy Saint-Pierre, Villard-Saint-Pancrace, Névache, La Gardiole, Monetier), *M. sarana* Huth (Puy Richard), *M. hirsuta* P. C. (Ravin de Queyrières), *Alethopteris Friedeli* P. B. (P. Richard, P. Saint-Pierre, La Combarine, Col du Chardonnet, Valloire), *A. lonchitifolia* P. B. (Villard Saint-Pancrace, Saint-Chaffrey,

(1) *Ann. Sc. Nat.*, 14, 1828, p. 127.

(2) *Ann. Sc. Nat.*, 15, 1828, p. 353-380.

(3) *Ann. des Mines*, 5, 1854, p. 473-609.

(4) *Flore carb. départ. de la Loire*, 1877, p. 550.

(5) Kilian et Révil, *Mém. Carte géol. Fr.*, 2, 1er fasc., 1908, p. 107.

(6) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 1564; *Ibid.*, 156, 1913, p. 97; *La nappe du Briançonnais et le bord de la zone des schistes lustrés*, Grenoble, 1930, p. 17.

La Combarine), *Pecopteris pennæformis* Brgt. (P. Richard, Chamandrin), *P. plumosa-dentata* (Mines de la Tour, de la Gardiole, Villard Saint-Pancrace, Valloire, Col du Chardonnet, Saint-Chaffrey), *P. polymorpha* ou cf. *polymorpha* Brgt. (Col du Chardonnet, Monetier, Villard Saint-Pancrace), *P.* cf. *micromiltoni* P. B. (P. Richard), *P. Pluckeneti* Schl. (Saint-Chaffrey). *P.* cf. *pennæformis* Brgt. (Col du Chardonnet), *Pecopt.* sp. cf. *avoldensis* Stur (La Combarine), *Neuropteris rarinervis* Zeil. (Briançon, Villard Saint-Pancrace), *N. linguæfolia* P. B. (Saint-Martin de Queyrières, Ravin de Queyrières, Valloire, La Combarine, Monetier), *Diplotmema schatzlarense* Stur (La Combarine, P. Richard, Mines de la Tour, Chamandrin, Ravin de Queyrières), *Sphenopteris Essinghi* Andr. (Briançon, Mines de la Tour, P. Richard, Rav. de Queyrières, Col du Chardonnet), *Sph. quadridactylites* ou cf. *quadridactylites* Gut. (Sagnette, Puy Saint-André, Mines de la Gardiole, Col du Chardonnet), *Sph. pecopteroides* Kidst. (Col du Chardonnet, Névache), cf. *Linopteris neuropteroides* Gut. (Rav. de Queyrières), *Mixoneura* cf. *sarana* P. B. (Rav. de Queyrières), *Sphenophyllum myriophyllum* Crépin (P. Richard, Villard Saint-Pancrace, Sagnette, P. Saint-André), *Sigillaria* cf. *Brardi* Brgt. (P. Saint-Pierre), *Mariopteris* sp. (Col du Chardonnet).

Dans son ensemble, le Houiller des environs de Briançon jusqu'aux alentours de Valloire appartient certainement à la partie supérieure du Westphalien B, au Westphalien C et à la base du Westphalien D. Il est en effet caractérisé par l'abondance des *Mariopteris rotundata* et *hirsuta* du Westphalien D, par la présence des *Alethopteris Friedeli* et *lonchitifolia* (Westphalien C et D), de *Neuropteris rarinervis*, *Sph. quadridactylites*, *Sph. Essinghi* (Westphalien C), ainsi que de *Pecopteris pennæformis* et *Sphenophyllum myriophyllum* (Westphalien B et C). Il se parallélise avec les couches de la base du Houiller de la Sarre et de la Lorraine. On a signalé *N. Schlehani* au Col du Chardonnet. Cette détermination doit résulter d'une confusion avec *P. polymorpha*. On n'y a d'ailleurs jamais trouvé aucune autre plante caractéristique du Westphalien A (*A. lonchitica*, *Mariopteris acuta*, *Sph. Hœninghausi*).

2. La flore fossile des environs du col des Encombres comporte : cf. *Alethopteris Grandini* Brgt., *Pecopteris unita* Brgt., *P. crenulata* Brgt., *P. saræfolia* P. B., *P. polymorpha*, *P. saræpontana* Stur, *P. oreopteridia* Schl., cf. *P. villosa* Brgt., *Sphenoph. oblongifolium*; celle de la région de Valmeinier (gisement de l'Arrendier) comprend : *Mixoneura sarana* P. B., *Linopt. neuropteroides* var. *minor*, *Odontopteris* sp., *Annularia stellata*. Le premier de ces gisements est caractérisé par la présence de nombreux *Pecopteris*, dont *P. crenulata*, *P. saræfolia*, *P. saræpontana*, le second par l'abondance de *M. sarana*. Tous deux sont donc d'âge Westphalien D. Puisqu'au col des Encombres on trouve *Sphenophyllum oblongifolium*, il est possible que l'on ait là le début du Stéphanien.

3. J'ai déterminé les espèces suivantes de la région de Macôt (Ravin de Sangot) : *Mixoneura sarana* associée à des formes telles *Neuropteris triangu-*

laris, *N. acutifolia*, *Cyclopteris* lacinié appartenant à cette première espèce, *Linopteris neuropteroides* var. *minor*, *Odontopteris subcrenulata* Rost, *Odontopteris* sp., cf. *Callipteridium pteridium*, *Pecopteris oreopteridia*, *P.* cf. *Candollei*, *Sphenophyllum oblongifolium*. Caractérisée par *O. subcrenulata*, cf. *Callipteridium pteridium* et *Sphenoph. oblongifolium*, cette flore montre beaucoup d'affinités stéphaniennes. Aussi, faut-il considérer le terrain houiller de la région de Macôt comme d'âge stéphanien inférieur malgré la présence de *Mixoneura sarana*.

4. Le gisement houiller des environs du Petit Saint-Bernard avec *Neuropteris linguæfolia*, *P. polymorpha* et cf. *Diplotmema schatzlarensis* est assez mal caractérisé; il appartiendrait peut-être au Westphalien D.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effets sur des boutures de vignes de deux nouveaux régulateurs chimiques de la croissance, dans leurs rapports avec la nutrition azotée.* Note de MM. **Howard Sprague Reed** (†), **Jean Dufrenoy**, **Jakishan R. Parikh** et **John Francis Oneto**, présentée par M. Joseph Magrou.

Parmi diverses hydrazones d'hydrazides alpha-chloro-beta-naphthoxyacétiques, dont la synthèse a été récemment effectuée dans nos laboratoires, il en est deux, l'hydrazone de la 3-méthoxy-4 hydroxy benzaldéhyde et l'hydrazone de l'ester acéto-acétique, qui présentent des propriétés comparables à celles de l'acide 2,4-dichloro phénoxyacétique, notamment quant aux réactions provoquées dans des boutures de *Vitis vinifera* (variétés Thompson Seedless et Red Malaga).

En solution à 10, 20, 40 ou 80^{mg} par litre dans l'eau distillée ou une solution à 0,5, 1 ou 2^{g} de NH_4NO_3 ou de KNO_3 par litre où baigne la base des boutures, l'une ou l'autre de ces hydrazones peut, comme l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique, provoquer l'hyperplasie de la base des boutures, la déformation des feuilles (en particulier par suppression de la nervure médiane, toutes les nervures partant directement de l'insertion pétiolaire) et enfin la chute des feuilles et la nécrose : cependant, comme pour l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique, une concentration qui dans l'eau distillée se montrerait phytotoxique, peut, en présence de 0,5 ou de 1^{g} de nitrate d'ammonium ou mieux encore de nitrate de potassium, favoriser la formation d'initiales de racines et l'élongation des racines, et stimuler le développement de bourgeons, en particulier le développement des bourgeons de rang inférieur, normalement maintenus dormants par la dominance du bourgeon apical.

Cette suppression de la dominance du bourgeon apical s'obtient encore plus nettement par l'application du produit (à raison de $0^{mg},5$ par bouture) en suspension dans du *carbowax*, appliqué à la section supérieure de la bouture. Ici encore, l'effet phyto-toxique qui se manifeste dans les boutures dont la base

plonge dans l'eau distillée, est remplacé par une *inversion de la polarité* manifestée par le développement en pousses feuillées des bourgeons de rang inférieur, ainsi que par le développement abondant de racines, dans les boutures dont la base plonge dans des solutions à 0,5 ou 1^g par litre de nitrate; ici encore l'effet du nitrate de potassium est plus favorable que celui du nitrate d'ammonium.

D'autre part, le nitrate d'ammonium, phytotoxique à 1^g par litre en l'absence d'hydrazone, favorise le développement de feuilles larges et vert foncé en présence de 20 à 40^{mg} par litre d'hydrazone.

Par contre la phytotoxicité d'une solution à 2^g par litre est plutôt aggravée qu'atténuée par la présence d'un régulateur de croissance.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la culture des tissus d'Osmunda cinnamomea.* Note de M. **Georges Morel**, présentée par M. Joseph Magrou.

De nombreux tissus de Dicotylédones ont déjà été cultivés avec succès. On a pu récemment cultiver des tissus de Monocotylédones. La présente Note relate pour la première fois la réalisation de cultures de tissus d'une Fougère : *Osmunda cinnamomea.* Ces cultures ont été obtenues à partir de gamétophytes. Les tissus de sporophytes n'ont pu être cultivés.

La culture des tissus végétaux, qui a pris un grand développement depuis une dizaine d'années, à la suite des recherches de P. R. White, R. J. Gautheret et P. Nobécourt, a été jusqu'ici limitée aux Dicotylédones. Ces plantes, possédant normalement des formations secondaires, ont une grande tendance à produire des cals, faciles à cultiver *in vitro;* on pouvait se demander si la culture des tissus de plantes dépourvues de formations secondaires, comme la plupart des Monocotylédones ou des Ptéridophytes serait également réalisable.

Cherchant à résoudre ce problème, nous avons pu obtenir récemment la culture de tissus de certaines Monocotylédones produisant des organes charnus [1]. Par contre, les Ptéridophytes, spécialement les Fougères, formées presque entièrement d'organes différenciés, semblaient constituer un matériel bien peu favorable. Nous avons cependant tenté de réaliser la culture de leurs tissus en nous adressant à des fragments de prothalles ou de sporophytes; ces essais ont porté sur l'*Osmunda cinnamomea.*

Des portions terminales de rhizomes d'une épaisseur de 0,5 à 1^{mm} comprenant le méristème apical, ont été débarrassées des ébauches foliaires et ensemencées sur un milieu nutritif (solution de Knop diluée de moitié et additionnée de 3 % de glucose). Ces explantats se sont développés en produisant des racines et de nouvelles feuilles, régénérant ainsi la plante normale.

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1099-1101.

Lorsque avant d'ensemencer ces fragments on détruisait par une piqûre d'aiguille la partie centrale du méristème, ce dernier, au lieu de se développer normalement, proliférait lentement d'une manière désordonnée pour former un cal pouvant atteindre 1^{cm} de diamètre; mais au bout d'un certain temps des bourgeons latéraux apparaissaient sur ce cal et inhibaient son développement. L'addition d'acide naphtylacétique à la concentration de 5.10^{-7} empêchait dans certains cas ce bourgeonnement et le cal continuait à s'accroître, mais la croissance demeurait très lente; nous avons pu entretenir le développement des cals pendant plus d'un an mais après cette période ils se sont nécrosés. L'adjonction au milieu de vitamines du groupe B n'a produit aucun effet.

Nous avons tenté d'obtenir des cultures de tissus à partir du gamétophyte. Cette réalisation semblait à première vue difficile à envisager, car les travaux de Knudson (2) et de Mme Hurel-Py (3) ont montré que les prothalles de Fougères cultivés en solution nutritive prolifèrent pour donner des colonies constituées par de nombreux prothalles individualisés. Pour obtenir des cultures de gamétophytes d'*Osmunda cinnamomea*, nous avons ensemencé des spores sur un des milieux envisagés par Knudson. Après deux mois de culture des cals indifférenciés formés d'amas de cellules verdâtres légèrement chlorophylliennes sont apparus sur cinq de ces prothalles. Ces cals se sont développés lentement et en juin 1949 ils ont été repiqués sur le même milieu où la croissance s'est poursuivie lentement. Après huit mois, deux colonies avaient atteint un diamètre d'un centimètre et trois autres avaient péri. Les cals demeurés vivants ont été transférés sur le milieu de Knudson auquel nous avons ajouté certaines vitamines B aux concentrations suivantes : Thiamine 10^{-6}; Inositol 10^{-4}; Pyridoxine 10^{-6}; Pantothénate de Ca 10^{-6}; Acide nicotinique 10^{-6}; Biotine 10^{-8}. Sous l'action de ces substances l'accroissement a été plus considérable en moins d'un mois qu'il ne le fut en huit mois sur le milieu initial.

Ces cultures forment des masses d'aspect granuleux et friables; elles sont constituées par un parenchyme au sein duquel se forment des îlots méristématiques qui évoluent indépendamment les uns des autres pour donner de petits nodules. Dans les parties les plus anciennes du cal, certaines cellules se transforment en trachéides. La présence des trachéides dans les tissus de prothalles de Fougère est exceptionnelle; la plupart des auteurs qui l'ont observée l'ont interprétée comme étant due à une diploïdisation du gamétophyte par apogamie. Nous avons donc recherché quel était le nombre des chromosomes dans les cellules de nos cultures, dans celles de prothalles et de plantules normales. Des préparations colorées au carmin acétique nous ont montré clairement que les noyaux des cellules du parenchyme en culture possèdent le même nombre

(2) *Bot. Gaz.*, **101**, 1940, p. 721-758.
(3) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 571-573.

de chromosomes que celles du prothalle : $n = 22$; alors que les noyaux des cellules des pointes des racines de plantules normales possèdent 44 chromosomes. Nos cultures sont donc formées de tissus haploïdes.

En conclusion, ces recherches montrent la possibilité de réaliser de véritables cultures de tissus de Fougère. Ces cultures se développent rapidement dans des milieux dépourvus d'auxine, mais renfermant diverses vitamines B. Enfin les besoins nutritifs des tissus du sporophyte d'Osmonde semblent être différents de ceux du gamétophyte, puisqu'ils sont incapables de se développer d'une manière durable, sur des milieux favorables à la prolifération des tissus du gamétophyte.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution cytologique du point végétatif de* Lupinus albus (*Papilionacées*). Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Joseph Magrou.

La *tunica* et le *corpus* du point végétatif de Lupin sont cytologiquement très distincts. La *tunica* présente un aspect cytologique uniforme, mais l'étude statistique des mitoses y définit un *anneau initial* bien net. Sous le *corpus* se trouve un méristème médullaire à grandes vacuoles. Le chondriome présente une évolution morphologique remarquable.

Comparé au point végétatif de la Giroflée, précédemment décrit (1), celui du Lupin montre un développement plus précoce et plus condensé. Dans la graine, la plantule présente déjà plusieurs ébauches foliaires et primordiums, en plus des cotylédons. Dès l'épanouissement de ceux-ci, lors de la germination, le point végétatif est constitué par un dôme très convexe entouré de nombreux initiums, primordiums et ébauches foliaires (2). Contrairement au cas de la Giroflée, toutes les cellules de la *tunica* montrent un état méristématique uniforme. Ce fait est en rapport avec l'accroissement rapide des dimensions de ce méristème dès la germination. Plus tard, il ne s'accroît plus que très modérément. On s'explique ainsi que certains échantillons jeunes présentent des mitoses dans la région apicale axiale. Cependant, des numérations statistiques ont montré que les mitoses sont, à beaucoup près, plus fréquentes sur les flancs du dôme, ce qui définit une région organogène annulaire (*anneau initial* de L. Plantefol). Les mitoses sont également très localisées dans le temps. On n'en trouve à peu près pas l'après-midi, ni à la fin de la nuit, mais elles sont abondantes le matin entre 9 et 11h.

L'anneau initial produit ainsi de 12 à 16 feuilles en général, puis il cesse de fonctionner. La région apicale entre alors en activité et forme un nouveau

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1968.

(2) Étude histologique et figures dans l'article de E. Ball, *Am. Journ. of Bot.*, vol. 36, 1949, p. 440-454.

méristème : le dôme s'allonge en pain de sucre et les cellules superficielles constituent, sur plusieurs rangées, un méristème uniforme par ses caractères cytologiques. C'est le méristème de l'inflorescence, où se différencieront les ébauches des fleurs et des bractées.

Au moment de la germination, les cellules de la *tunica* ont de très petites vacuoles renfermant souvent des précipités, colorables ou non. Le chondriome est à l'état de granules, sans plastes distincts. Les nucléoles sont volumineux (2, 3 à 4μ,5) et portent des sphérules chromatiques, plus sidérophiles que la chromatine du réticulum (*fig.* 1, *g. pn.*).

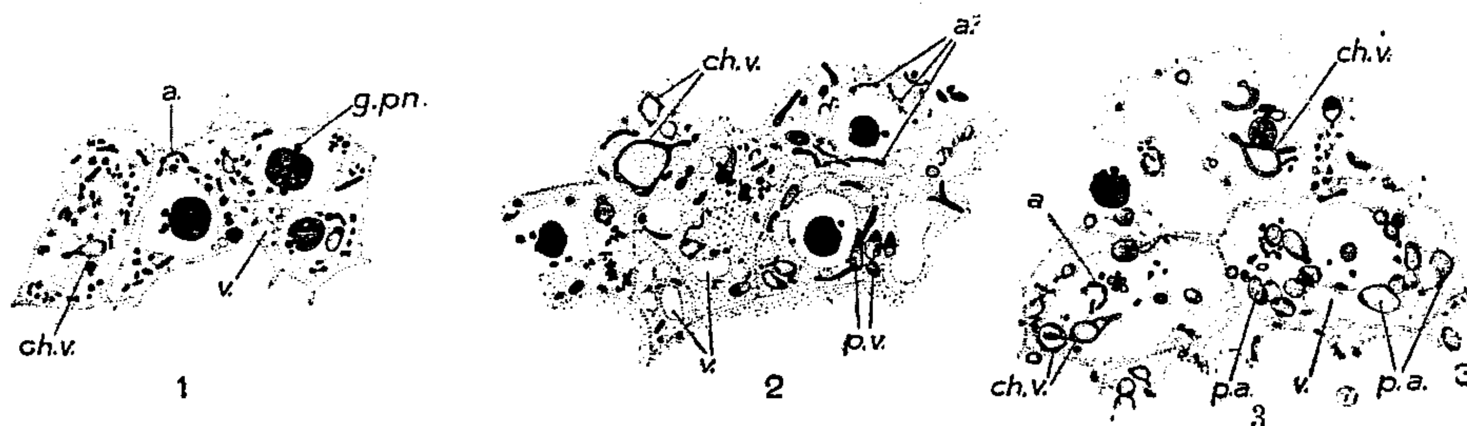


Fig. 1. — Cellules de l'anneau initial.

Fig. 2. — Corpus.

Fig. 3. — Cellules de passage au méristème médullaire. *a.* : association linéaire de chondriosomes; *ch. v.* : chondriosomes vésiculés; *g. pn.* : granules périnucléolaires; *p. a.* : plastes amylifères; *p. v.* : plastes vésiculés, encore dépourvus d'amidon; *v.* : vacuoles.

De très bonne heure, le chondriome manifeste deux propriétés que nous avions remarquées déjà dans les cellules différenciées du tubercule de Chicorée : la tendance à s'assembler en chaînettes ou en filaments, et la propriété de se vésiculiser dans des conditions parfaitement physiologiques. Cette réactivité morphologique donne un aspect très particulier au chondriome du point végétatif de Lupin. On y trouve, à côté de chondriosomes banaux, de longs chondriocontes hétérogènes (*a*) et des vésicules de dimensions très diverses, parfois presque aussi grandes que le noyau (*fig.* 1, 2, 3, *ch. v.*). Ces deux types de transformations peuvent se combiner; les plus grandes vésicules sont produites, en effet, par de longs chondriocontes, provenant eux-mêmes de l'association de plusieurs éléments.

Au cours du développement de la tige feuillée, les cellules de la *tunica* ont tendance à se *différencier* légèrement. Les vacuoles grandissent et de petits plastes deviennent distincts. Au contraire, la formation apicale du méristème de l'inflorescence résulte d'une *dédifférenciation générale* très poussée des cellules de cette région. Les vacuoles se font très petites, le chondriome devient très fin et sans plastes distincts. Les nucléoles s'accroissent ainsi que les chromocentres du réticulum.

Les cellules du *corpus* ont un cytoplasme moins colorable (apparemment moins dense), et plus vacuolaire que celles de la *tunica* (*fig.* 2). Lors de la germination, on y trouve des vacuoles arrondies, des chaînettes de chondriosomes (*a*) et, bientôt, de nombreuses vésicules mitochondriales (*ch. v.*).

De bonne heure également, les plastes se différencient dans tout le *corpus*, tandis qu'on n'en voit généralement pas dans la *tunica*. Une partie de ces plastes naissent de chondriosomes vésiculisés (*p. v.*). Les parois de la vésicule s'épaississent, la vésicule elle-même se réduit peu à peu et disparaît. D'autres chondriosomes vésiculisés demeurent inchangés et ne forment pas de chlorophylle.

Dans la région inférieure du *corpus* se trouvent des cellules qui forment le passage au *méristème médullaire* sur lequel nous avons insisté à propos de la Giroflée. Ici encore, ce méristème ressemble à un cambium. Le cytoplasme des cellules n'y forme qu'une pellicule pariétale, renfermant le noyau et le chondriome. Une grande vacuole occupe presque tout le volume cellulaire. Dans la région de passage, la vésiculisation du chondriome est parfois presque générale (*fig.* 3). Ce sont des éléments vésiculisés qui se transforment en plastes, chlorophylliens et amylifères (*p. a.*). L'amidon s'amasse peu à peu dans les vésicules. Les chondriosomes de la série dite *indifférenciée* demeurent longtemps vésiculisés, mais ils régressent peu à peu et reviennent à l'état de mitochondries ou de courts éléments bacilliformes.

Des études antérieures sur les variations des chondriosomes nous donnent à penser que ceux du Lupin sont très sensibles aux mouvements d'eau qui se produisent lors du fonctionnement du point végétatif et à l'activité physiologique des cellules de ce méristème.

Nous décrirons prochainement d'autres faits qui montrent dans quelle mesure les structures cytologiques reflètent certains caractères de l'activité physiologique des cellules et des tissus.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Emploi des solutions de polyvinyl-pyrrolidone comme milieu d'observation vitale à basse température*. Note de M. **Louis Genevès**, présentée par M. Joseph Magrou.

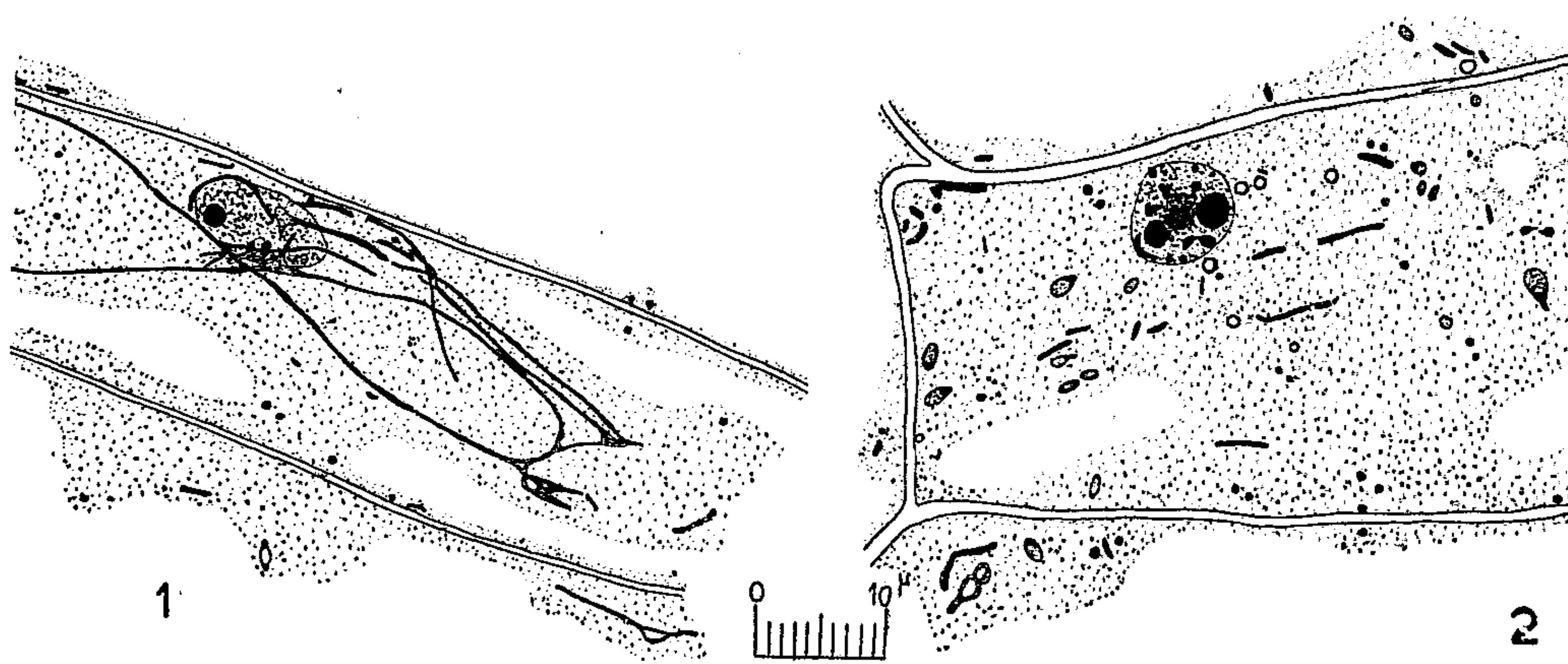
Les solutions de polyvinyl-pyrrolidone (p. p.) peuvent constituer, à faible concentration, un milieu de survie permettant des observations sur la cellule végétale à des températures plus basses que celles qui sont possibles avec l'eau ou le liquide de Ringer.

Aux fortes concentrations, le p. p. a des effets semblables à ceux d'un anesthésique : les mouvements cytoplasmiques sont arrêtés.

Pour observer vitalement les phénomènes cytologiques provoqués par les températures inférieures à 0° C, l'eau et le liquide de Ringer se révèlent insuffisants. Leur congélation se produit alors que les manifestations du protoplasme vivant semblent devoir se poursuivre dans un froid plus intense. Vouloir

les étudier exige la mise au point d'une substance miscible à l'eau en toutes proportions, transparente, permettant la survie de la cellule en provoquant le minimum d'altérations et supportant un certain abaissement de la température sans congélation.

Le polyvinyl-pyrrolidone ne répond que partiellement à ces nécessités. En solution aqueuse, il constitue un milieu de montage bien transparent, mais sa viscosité, qui croît avec la concentration, rend son emploi malaisé. Suivant la pression de vapeur de l'atmosphère ambiante, le liquide s'hydrate ou se dessèche.



Chondriome d'une cellule de parenchyme libérien de racine de *Cychorium intybus* après un séjour dans une solution de p. p. à 20 %. — 1. Pendant 2 heures; 2. Pendant 4 heures et demie.

Une solution suffisamment concentrée (au delà de 40 % en poids) provoque la plasmolyse cellulaire et ensuite une dessiccation du fragment végétal, au bout d'un certain nombre de jours, même en atmosphère saturée d'eau. Ces faits s'opposent donc à l'utilisation des solutions concentrées nécessaires pour obtenir un abaissement suffisant du point cryoscopique :

— 1°,8	pour une solution	à	20 %
— 3°,7	»	»	40 %
— 6°,3	»	»	60 %

Mais l'ampleur et la rapidité d'établissement des altérations cellulaires sont fonctions de la concentration. D'une manière générale, le p. p. provoque l'arrêt de la cyclose, sans que le cytoplasme soit altéré visiblement. La cyclose peut rester régulière et active pendant plusieurs heures dans les cellules du parenchyme libérien de la racine de *Cichorium intybus*, lorsqu'on les observe dans une solution à faible concentration (20 %). Elle est plus ou moins rapidement bloquée par l'immersion dans le p. p. à 40 ou 60 %.

Les mitochondries et les chondriocontes se gonflent au début de l'immersion dans la solution de p. p. comme dans l'eau pure. Mais, par la suite, de très longs chondriosomes se constituent dans la cellule, par confluence des

chondriosomes habituels. L'observation des coupes fixées montre une accélération du phénomène avec la concentration.

L'arrêt des mouvements réguliers du cytoplasme est général et se produit malgré l'excitation due à l'éclairement de la préparation, à l'inverse de ce qui se passe lorsqu'on utilise l'eau ou le liquide de Ringer. Nous retrouvons l'influence des mouvements du cytoplasme sur la morphologie du chondriome, l'arrêt de la cyclose permettant l'édification de grands appareils par confluence des chondriosomes (¹). Dans le p. p., l'excitation lumineuse, due à l'éclairage du microscope, ne provoque plus que des déplacements que l'on pourrait considérer comme une cyclose fruste : les inclusions cytoplasmiques sont entraînées plus ou moins loin d'une manière irrégulière à partir d'une position où elles s'étaient immobilisées un instant. Elles peuvent même passer sur une autre face de la cellule. Ces déplacements sont inconstants en vitesse, en rythme, en durée.

Ils se superposent aux mouvements browniens, d'une intensité variable. Les longs chondriosomes sont déformés, parfois entraînés, mais rarement rompus par ces mouvements irréguliers.

L'immersion dans l'eau, après lavage, permet la reprise d'une cyclose active, qui démembre les grands chondriosomes en chondriosomes courts.

Malgré ces troubles, la cellule n'est pas tuée par le polyvinyl-pyrrolidone. Remise dans un milieu convenable, elle est susceptible de reprendre une structure normale et une cyclose régulière. L'arrêt de la cyclose et les phénomènes consécutifs sont attribuables, soit aux propriétés déshydratantes du p. p., soit à une impureté du produit, que nous n'aurions pu éliminer, et qui se comporterait comme un anesthésique.

En conclusion, le p. p. peut être employé aux faibles concentrations pendant un temps relativement court, en tant que milieu de survie des cellules de parenchyme libérien de la racine de *Cichorium intybus*. Ses effets ne diffèrent guère de ceux de l'eau.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Constance et nature du synizesis chez trois espèces possédant des noyaux réticulés à calotte.* Note de Mme **Jacqueline Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez *Hordeum vulgare* L., *Capsicum annuum* L. et *Solanum ovigerum* Req., on observe l'existence régulière du synizesis au début de la prophase hétérotypique. Il se déroule progressivement en même temps que s'effectuent les mitoses de l'assise tapétale.

Dans une Note récente (¹), Eichhorn signale la présence constante du synizesis au commencement de la méiose de plusieurs espèces de Linaires. Après

(¹) *Cf.* R. Buvat, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 668-670.

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1200.

avoir décrit la réalisation progressive de ce phénomène, il rejette l'hypothèse selon laquelle il s'agirait d'un artefact et le considère comme représentant une étape normale de la division réductionnelle intervenant dès le déclenchement des premières transformations prophasiques.

Poursuivant actuellement l'étude caryologique comparée de *Hordeum vulgare* L., *Capsicum annuum* et *Solanum ovigerum* Req., nous avons examiné en détail les stades initiaux de leur division hétérotypique et constaté les faits suivants : chez ces trois espèces, le synizesis existe quel que soit le fixateur employé : liquide de Helly, de Nawaschin ou de Benda.

Les cellules-mères du pollen évoluent suivant un schéma identique. Lorsque les multiplications somatiques sont terminées, les noyaux entrent dans une période de repos plus ou moins prolongée; celle-ci est interrompue par leur augmentation de volume qui précède immédiatement la méiose chez *Solanum* et *Capsicum*; chez *Hordeum* elle est suivie d'un nouvel arrêt de l'activité nucléaire. Puis l'aspect du réseau chromatique se modifie légèrement, les filaments se tendent et deviennent plus apparents; presque simultanément ils commencent à se décoller de la membrane nucléaire en des points qui se font rapidement de plus en plus nombreux. Ce mouvement s'accentue et les chromatides se groupent dans un espace limité. Pendant un certain temps, quelques-unes émergent encore de la masse ainsi constituée, puis elles se rétractent à leur tour, y sont agglomérées et contribuent à la formation de l'amas compact caractéristique du synizesis habituellement décrit par les auteurs.

Comme les Linaires, les deux Solanées offrent des conditions particulièrement favorables à l'examen des termes de transition entre l'état interphasique et le synizesis accompli. En effet, un même sac pollinique contient des noyaux à des stades différents, ceux situés dans la zone médiane étant les plus avancés dans leur évolution. En section transversale on voit donc fréquemment, au centre du sac, des figures de synizesis achevé; sur les bords, des noyaux au repos et, dans les parties intermédiaires, les images diverses marquant le passage insensible de l'état d'interphase à la contraction synizétique parfaite,

Par ailleurs, chez ces trois noyaux à polarité chromatique, la calotte, ou, d'une façon plus générale, les territoires à forte densité de chromatine, jouent, pour les chromatides, le rôle de centres de concentration : c'est là qu'elles se massent, soit en un seul groupe, soit en plusieurs qui se rejoindront avant que soit atteint le maximum de la contraction. Inversement, leur décollement de la membrane nucléaire commence dans la région opposée.

Enfin, la mise en route du processus synizétique, dans les cellules-mères du pollen, coïncide avec celle de nombreuses mitoses dans le tapis; antérieurement, celui-ci, comme les autres assises de la paroi de l'anthère, ne montrait que de

rares divisions isolées; on y voit, à partir de ce moment, de multiples prophases simultanées qui progressent lentement puisqu'elles n'aboutissent à la métaphase que lorsque les noyaux des cellules-mères sont au début du leptotène. Cette reprise d'activité synchrone dans le sac pollinique et dans le tapis apporte un argument supplémentaire en faveur de l'intégration du synizesis à la prophase hétérotypique dont il constituerait en quelque sorte le point de départ.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le type nucléaire et la mitose chez* Mnium affine *Schw*. Note de M. **Yves Sinoir**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez l'espèce étudiée la structure du noyau interphasique et le déroulement de la mitose rappellent de très près le type nucléaire *réticulé à chromocentres* décrit chez les Phanérogames.

La plupart des travaux sur le noyau et sa division chez les Bryophytes datent d'une époque où nos connaissances n'avaient pas encore suffisamment progressé pour permettre aux auteurs d'interpréter convenablement leurs observations. C'est le cas, en particulier, pour *Mnium affine* Schw. ([1]), espèce qui fait l'objet de cette Note.

Nous nous sommes adressé presque exclusivement aux bourgeons terminaux des tiges feuillées en voie de croissance. Nos observations ont été faites sur du matériel vivant et sur des coupes colorées, mais surtout d'après des préparations extemporanées obtenues par écrasement après fixation : *Squashs* au carmin, au lacmoïde et au Feulgen ([2]).

Le noyau est le plus souvent sphérique, mais il est parfois fusiforme dans les cellules allongées (cellules de la nervure médiane des phyllidies; poils pluricellulaires à l'aisselle de celles-ci). Sa taille varie de $3^{\mu},5$, dans les cellules des rhizoïdes par exemple, à 15^{μ} dans les cellules des poils phyllidiens ou dans certaines cellules du bourgeon terminal. Mais dans la plupart des cas sa taille oscille entre 5 et 8^{μ}. On trouve toujours dans ce noyau un gros nucléole sphérique en position centrale le plus souvent, dont le diamètre atteint parfois près du tiers de celui du noyau. Ce nucléole contient très souvent en son intérieur une ou plusieurs inclusions globuleuses parfois reniformes toujours très réfringentes.

Outre le nucléole, on peut mettre en évidence un *réseau* au sens où l'entendent les auteurs modernes ([3]), ensemble de filaments irréguliers

([1]) W. Woodburn, *Annals of Botany*, 29, 1915, p. 441-454; J. Motte, *Annales des Sc. Nat.*, 10e série, 1928.

([2]) Darlington and La Cour, *The Handling of Chromosomes*, London, 1947; Mlle A. Gagnieu, *L'observation des Chromosomes*, Paris, 1949.

([3]) Mlle C. Delay, *Revue de Cytologie et de Cytophysio. vég.*, 9, 1946-47, p. 169-222 et 10, 1948, p. 103-228.

correspondant aux chromonémas déspiralisés pendant l'interphase. Ces filaments quoique peu chromatiques sont assez aisés à observer car le réseau est très peu dense. Sur ces filaments se détachent de petits granules vivement colorés tout à fait homologables aux *chromocentres* décrits dans le noyau des végétaux supérieurs. Ce réticulum localisé à la périphérie laisse autour du nucléole un vaste espace libre occupé uniquement par l'enchylème nucléaire; des observations vitales nous permettent d'affirmer que cette position du réseau n'est pas le résultat d'une rétraction due à l'action des fixateurs et que l'espace qui existe entre lui et le nucléole ne peut être assimilé à l'auréole périnucléolaire dont l'existence est souvent signalée dans les préparations fixées. Il existe, en outre, toujours un gros chromocentre de forme variable, en position interne et dont la signification, pour le moment, nous échappe. Enfin, dans quelques cas, nous avons constaté que le nucléole semblait être relié au réticulum par un ou deux filaments chromatiques.

La mitose se déroule suivant le schéma habituel. En prophase, les filaments du réticulum paraissent s'épaissir et se raccourcir en même temps qu'ils deviennent de plus en plus chromatiques. Les chromocentres s'estompent dans ces filaments devenus homogènes; les chromosomes sont alors bien formés. On compte à la métaphase 6 chromosomes, ce qui confirme les indications données par Woodburn. N'ayant pu observer que quelques plaques équatoriales en vue polaire, nous ne pouvons pas encore donner un caryogramme précis. Toutefois il est intéressant d'indiquer que, d'après les images rencontrées, les chromosomes paraissent avoir un aspect assez inhabituel. Ils sont fins et très allongés, l'un d'eux en forme de V peu ouvert à branches recourbées vers l'extérieur, deux autres dessinent une boucle étroite en forme de γ. Des métaphases en vue latérale permettent aussi d'observer nettement ces sortes de boucles. Ces chromosomes semblent homogènes, sans constriction apparente, ni satellite.

L'anaphase et la télophase ne présentent aucun caractère particulier méritant de retenir l'attention.

Bien que nous n'ayons pu, au cours de la mitose, mettre en évidence directement l'existence d'un cycle de spiralisation et de déspiralisation des chromonémas en même temps que l'apparition ou la disparition d'une gaine matricielle, cette hypothèse, vérifiée souvent chez les Phanérogames, explique aussi aisément ici les figures rencontrées tant en prophase qu'en télophase.

En résumé, l'étude du noyau interphasique et de la mitose chez *Mnium affine* nous a révélé l'existence d'un type de noyau tout à fait analogue à ceux que, chez les Phanérogames, M[lle] Delay classe dans la catégorie des noyaux *réticulés à chromocentres*.

Il semble résulter d'autres observations encore très fragmentaires, que nous avons pu faire, que l'on ne doive pas s'attendre à trouver chez les Muscinées

des types de structure nucléaire très différents de ceux des Phanérogames. Chez les Hépatiques, par contre, cette étude paraît devoir apporter des conclusions plus originales.

MYCOLOGIE. — *Sur le comportement nucléaire du carpophore et du mycélium en culture chez les* Peniophora *Cooke*. Note de M. **Jacques Boidin**, présentée par M. Joseph Magrou.

Nous avons étudié les carpophores de plusieurs *Peniophora* ainsi que les cultures de seize d'entre eux, au point de vue nucléaire. Un comportement parallèle a été observé dans les mycéliums et les fructifications, la cénocytie des hyphes en culture se retrouvant, bien que moins marquée, dans le subiculum des fructifications.

Nous avons fait l'étude cytologique de *Peniophora* répartis dans chacune des sept sections reconnues par Bourdot et Galzin ([1]).

Les carpophores de *P. argillacea* Bres. (section Glœocystidiales) *P. subulata* B. et G. et *P. subalutacea* Karst. (s. Tubuliferæ) ainsi que des *P. pallidula* Bres., *byssoidea* Pers. et *longispora* Pat. (s. Hyphales) sont formés d'hyphes à articles régulièrement binucléés et bouclés. Leurs cystides, quelle que soit leur taille, sont binucléées ou à articles binucléés; le dicaryon est logé, chez *P. subulata*, dans leur extrémité distale. Tous projettent des spores uninucléées. *P. argillacea, subalutacea* et *longispora* n'ont pu être cultivées. Les diplontes des *P. subulata, pallidula* et *byssoidea*, ce dernier obtenu par bouturage, sont normaux, c'est-à-dire binucléés et bouclés. Le mycélium polysperme du *P. subulata* pousse très lentement et donne sur les vieilles cultures des hyphes à cellules régulièrement uninucléées correspondant sans doute à l'haplonte.

Le groupe A de la section Membranaceæ est très homogène. Dans les carpophores des *P. velutina* DC., *lævis* Fr., *cremea* Bres. et *macrospora* Bres., les hyphes ont plusieurs noyaux par article (2 à 10 en général), le nombre se réduisant à 2, occasionnellement 3 ou 4, dans le sous-hyménium, les basidioles et les cystides. Il est à remarquer que les anses d'anastomose, parfois en verticille, ne se rencontrent que sur les hyphes du subiculum les plus larges et les plus riches en noyaux, et sont absentes des basides et des articles sous-jacents qui sont pourvus de dicaryons. Les spores sont uninucléées chez les trois premiers — 4 noyaux résiduels dégénèrent dans la vieille baside —, binucléées chez *P. macrospora*. Les germinations des *P. lævis* et *velutina* sont difformes, multinucléées (27 et même 45 noyaux avant l'apparition de la première cloison), celles de *P. cremea* s'allongent rapidement, le cytoplasme évacuant bientôt la spore et la base du tube. De nombreuses germinations de *P. macrospora* de 12 à 16 noyaux ne montrent pas de cloison et ne se vident pas. N'ayant pu

([1]) *Hyménomycètes de France*, Paris, 1928.

observer de boucles sur les hyphes d'un certain nombre de monospermes de ces quatre espèces, nous les considérons comme hétérothalles. Alors que les articles terminaux ont souvent de 125 à 200 noyaux chez *P. macrospora* et *cremea*, leur nombre est plus réduit chez *lævis* (22, 28, 33, 39 pour l'haplonte; 12-16 pour le diplonte) et *velutina* (59, 60, 70 pour l'haplonte; 8, 12, 31, 33 pour le diplonte), les autres articles se recloisonnent irrégulièrement et contiennent finalement de 1 à 20 noyaux. *P. macrospora* et *cremea* portent des chlamydospores; ce dernier fructifie parfois en culture. D'autres spécimens de cette sous-section, de détermination spécifique difficile, ont un comportement analogue.

P. setigera Fr. (s. Membranaceæ, groupe B) se comporte tout différemment. Tous ses articles, y compris ceux de ses longues cystides, sont binucléés et bouclés. Lors de la germination des spores uninucléées, le cloisonnement suit régulièrement les mitoses, et l'haplonte est uninucléé; le diplonte est normal.

P. leprosa B. et G. (s. Radicatæ) projette à côté de nombreuses petites spores ovoïdes uninucléées, quelques spores plus allongées, arquées, binucléées, possédant le même apicule tronqué. Gêné par les innombrables cristaux et l'abondance des cystides incrustées, il n'a pas été possible de voir ces spores en place. Les cystides souvent ramifiées sont généralement binucléées ainsi que le sous-hyménium et les basidioles; les hyphes de la profondeur sont multinucléées. Les cultures issues de la sporée hétérogène, et teintées de rose orangé comme le carpophore, sont cénocytiques (17, 19, 21, 26, 31 noyaux pour les articles terminaux de l'haplonte); le diplonte, très riche en boucles, possède autant de noyaux sans qu'aucune périodicité puisse être décelée entre les articles successifs : on peut, çà et là, observer la division conjuguée de quelques-uns des noyaux d'un article.

P. gigantea Fr. (s. Ceraceæ) est multinucléé dans les articles du subiculum, binucléé dans ceux du sous-hyménium, dans les cystides et les spores. Ses cultures ont déjà été étudiées cytologiquement par R. Biggs (²); nous confirmons ses vues sur la similitude des mycéliums mono- et polyspermes et sur leur cénocytie. La première cloison apparaît dans les germinations au stade de 35-40 noyaux. Les noyaux des hyphes se divisent par groupes irréguliers, en relation ou non avec une boucle simple ou double; un article terminal en contenait 214. Les oïdies en chaînes sont I-multinucléées. *P. roumeguerii* Bres. a un comportement analogue : spores binucléées, cultures à boucles très rares, oïdies 1-2-(8)-nucléées, mais les articles terminaux des diplontes n'ont que 3 à 16 noyaux. Ce sont les deux seuls P. qui nous ont montré des oïdies.

Nous avons effectué de nombreuses récoltes de *P. Coloratæ*. *P. corticalis* Bull. et *polygonia* Pers. projettent des spores uninucléées qui germent en donnant un mycélium primaire uninucléé; les diplontes sont normaux. *P. proxima* Bres.

(²) *Mycologia*, 30, I, 1938, p. 64-78.

se comporte de même, mais libère des spores qui, sitôt après la première mitose, se divisent en deux par une cloison. Les deux espèces orangées, *P. incarnata* Pers. et *P. aurantiaca* Bres., forment des spores binucléées, mais, au plus tard au stade de 7 ou 8 noyaux, les germinations ne sont formées que de cellules uninucléées; le diplonte est normal. Nous avons isolé plusieurs autres souches affines à *P. cinerea* Fr., *cæsia* Bres. et *nuda* Fr. qui se comportent comme *P. corticalis*. *P. lævigata* Fr. a été étudié précédemment avec les *Stereum* ([3]). Ajoutons que *P. corticalis* est tétrapolaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mise en évidence d'une succino-déshydrogénase dans un extrait oxydasique purifié d'*Agaricus campestris. Note de M. **Igor Voinovitch**, présentée par M. Maurice Javillier.

Au cours de l'étude de certaines des propriétés physicochimiques d'un extrait oxydasique d'Agaric champêtre purifié jusqu'au stade D_I de la méthode Keilin et Mann ([1]), nous avons observé que la solution D_I mise en contact avec le suc cru ou une solution du substrat oxydable du champignon de couche, accélère leur brunissement. Ce brunissement passe par un maximum. Au bout de 18 à 20 heures, il se produit en effet une décoloration partielle que les témoins sans addition d'extrait enzymatique ne présentent pas. Nous interprétons ce phénomène par la présence, à côté des agents oxydasiques, d'une enzyme réductrice dans la solution D_I. Nous avons caractérisé cette enzyme de la façon suivante.

Après avoir vérifié que le bleu de méthylène M/2000 et M/5000 n'est pas réduit par le diéthyldithiocarbamate de sodium (D. D. C. Na) M/I ni par le succinate de sodium (solution d'acide succinique M/80, neutralisée avec de la soude étendue), nous avons placé dans des tubes de Thünberg, d'une part 2^{cm^3} d'une solution de succinate de sodium M/80 contenant 20^{mg} de D. D. C. Na (afin d'inhiber l'action des polyphénoloxydases de la solution D_I) et d'autre part $1^{cm^3},5$ d'une solution de bleu M/2000 ou M/5000 et $1^{cm^3},5$ de solution D_I. L'expérience témoin est exempte de D. D. C. Na. Après avoir fait le vide, nous mettons en contact les solutions contenues dans les deux parties du tube de Thünberg, puis nous plaçons ces derniers dans un thermostat à 38° C. Dans les cinq premières minutes, les tubes contenant le D. D. C. Na se décolorent, le bleu est presque complètement réduit, tandis que la coloration des témoins reste sans changement. Tous les tubes sont laissés ensuite 24 heures à 38° C. Au bout de 18 heures, les témoins se décolorent à leur tour et prennent une couleur à peu près identique à celle des essais.

([3]) J. Boidin, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1096-1098.

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, (B), **187**, 1938, p. 125.

Comme on le voit, le diéthyldithiocarbamate de sodium, inhibant l'activité des polyphénoloxydases de la solution D_1 permet de mettre en évidence l'action de la succino-déshydrogénase sur le succinate de sodium et de réduire le bleu de méthylène. Dans le cas où l'action oxydasique n'est pas arrêtée par le D. D. C. Na; il se crée au bout de 16 à 18 heures, par évolution du potentiel d'oxydo-réduction, par épuisement ou altération de l'oxydase, un changement des conditions de milieu qui permet à la déshydrogénase d'agir à son tour, et de réduire le substrat préalablement oxydé, ce qui se traduit par une décoloration partielle. Un chauffage à 50° pendant 30 minutes de la solution enzymatique ne permet plus d'observer le phénomène de réduction.

En résumé, l'on peut admettre que l'extrait enzymatique purifié d'Agaric champêtre contient une succino-déshydrogénase; en présence de succinate de sodium celle-ci réduit rapidement le bleu de méthylène à des concentrations comprises entre M/2000 et M/5000 lorsque les polyphénoloxydases sont inhibées par le diéthyldithiocarbamate de sodium. La présence d'autres déshydrogénases dans la solution D_1 n'est pas exclue.

PHYSIOLOGIE. — *Reprise des contractions rythmiques du muscle amniotique après congélation dans l'azote liquide.* Note de MM. **Basile Luyet** et **Federico Gonzalès**, présentée par M. Louis Lapicque.

Nous appuyant, d'une part, sur le principe de physique que la cristallisation des solutions aqueuses ne se produit que dans un intervalle de températures de quelques dizaines de degrés au-dessous de zéro et qu'on peut éviter la formation de cristaux en *refroidissant* et en *réchauffant* la solution très rapidement dans cet intervalle de températures, et invoquant, d'autre part, la théorie biologique que le froid et la solidification, à eux seuls, sans le dérangement moléculaire qu'amène la cristallisation, ne détruisent pas la vie, nous avons tenté de ramener à l'état d'activité physiologique le muscle amniotique de l'embryon de Poulet après l'avoir solidifié dans l'azote liquide à — 195°.

L'amnios se recommande à plusieurs points de vue pour cette étude : les anatomistes y ont décrit des fibres musculaires qui présentent la particularité intéressante d'être dépourvues d'éléments nerveux; les physiologistes y ont observé des contractions rythmiques qui sont toutes désignées comme critérium de survie dans nos expériences (ils ont enregistré ces contractions dans des bandes découpées de la membrane amniotique); d'autre part, cette membrane est très mince et se prête particulièrement bien au refroidissement et au réchauffement rapide.

Comme il est d'autant plus facile d'éviter la cristallisation que le contenu en eau du matériel étudié est moindre, nous avons déshydraté partiellement les préparations d'amnios (des morceaux mesurant environ 5 sur 10^{mm}) en les

mettant pendant 5 minutes dans une solution fortement hypertonique de glycol (30 %).

Le morceau de membrane amniotique, après avoir été épongé avec du papier filtre, était déposé sur une lamelle très mince de mica qui lui servait de support et à laquelle il était simplement accolé. Cette préparation était alors immergée dans l'azote liquide où elle restait de une minute à une heure (quelques secondes suffisaient pour abaisser sa température à celle de l'azote liquide). Elle était ensuite réchauffée rapidement par immersion dans une solution de Tyrode à 40° et était examinée au microscope dans cette solution.

Après le réchauffement, les préparations étaient généralement sans activité et inexcitables pour plus d'une heure (souvent pour deux et quelquefois pour trois heures); ensuite quelques-unes commençaient à se contracter spontanément, d'autres ne se contractaient que si on les touchait avec une baguette de verre ou un autre instrument; certaines de ces dernières continuaient à se contracter rythmiquement après cette stimulation, d'autres répondaient par une seule contraction à chaque stimulation, et d'autres ne répondaient pas du tout.

Il y a rarement, sinon jamais, rétablissement complet de l'état normal après congélation dans l'azote liquide. Tandis que les morceaux d'amnios non traités peuvent se contracter rythmiquement pendant une demi-heure, soit après stimulation, soit après un départ spontané, et qu'ils gardent leur contractilité pendant plusieurs heures, ceux qui ont été traités ne peuvent guère se contracter rythmiquement pour plus de 5 ou 10 minutes, quelques-uns ne peuvent répondre que par des contractions isolées à des stimulations isolées, et leur contractilité disparaît d'ordinaire au bout d'une ou de deux heures. Exceptionnellement un morceau d'amnios traité s'est contracté rythmiquement pendant 15 minutes; la fréquence de ses contractions était de 40 par minute au début et de 2 par minute vers la fin; l'intensité des contractions est allée elle aussi en décroissant graduellement.

Le retard à la reprise des contractions après congélation, que nous avons mentionné plus haut, n'est pas particulier au traitement par le froid; il se produit après la déshydratation seule et après le traumatisme causé par la dissection.

Plusieurs essais ont été faits dans lesquels la déshydratation a été omise ou bien où le refroidissement a été lent. Il y avait occasionnellement (dans un cas sur vingt environ) quelques indications de survie, par exemple, des contractions faibles après stimulation. Des essais de déshydratation à l'air, sur lame de mica ou sur papier filtre, ou dans des solutions concentrées de glucose ou de saccharose ne nous ont pas donné de survie.

Différents supports ont été essayés, tels que des cadres de fil métallique fin, avec pointes projetant en dehors sur lesquelles le morceau d'amnios était sous-

tendu, des cadres de verre ou de bois, etc. Aucun de ces supports n'a été aussi satisfaisant que les lamelles de mica.

L'âge des embryons qui ont donné des résultats positifs a varié de 9 à 17 jours.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Action des injections de thyroxine et de folliculine sur la glande sous-maxillaire de la Souris albinos femelle.* Note (*) de M[lle] **Lucie Arvy** et M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Robert Courrier.

L'administration simultanée d'un œstrogène et de thyroxine ne détermine, chez la Souris femelle, aucune modification significative du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire, alors que la thyroxine seule entraîne, dans les mêmes conditions, une forte hypertrophie. Ce fait représente un argument en faveur de l'hypothèse suivant laquelle le moindre développement du segment tubuleux chez la Souris femelle serait lié à la présence d'œstrogènes dans le milieu intérieur.

Nous avons émis, dans un travail précédent ([1]), l'hypothèse suivant laquelle le moindre développement du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire chez la Souris femelle était lié non pas à l'absence de substances androgènes dans le milieu intérieur, mais à la présence de substances œstrogènes, s'opposant aux effets de la sécrétion thyroïdienne.

Cette hypothèse de travail nous a conduits à deux expériences ; il y avait lieu de rechercher les effets des injections de thyroxine sur la glande sous-maxillaire de la Souris femelle, ainsi que ceux de l'administration simultanée de thyroxine et d'une substance œstrogène. En effet, si l'état du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire chez la Souris femelle est conditionné par un certain équilibre œstrogènes-thyroxine, un apport de thyroxine exogène doit déplacer cet équilibre dans le sens d'une hypertrophie du segment tubuleux. D'autre part, l'apport supplémentaire d'œstrogène à des animaux recevant par ailleurs de la thyroxine doit s'opposer aux effets de cette dernière.

Une hypertrophie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire chez la Souris femelle normale ayant reçu des injections de thyroxine est signalée sommairement par J. Raynaud ([2]) ; cependant, les protocoles auxquels renvoie cet auteur ([3]) ne font mention que de souris des deux sexes, gonadectomisées et injectées de thyroxine.

Quoi qu'il en soit, nous avons pu constater que l'administration de thyroxine, à la dose de $0^{mg},25$ par animal et par jour, répétée pendant cinq jours, détermine, chez la Souris femelle normale, une augmentation importante du rapport

(*) Séance du 19 juin 1950.

([1]) L. Arvy et M. Gabe *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1611.

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2045.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 245.

tubuli/acini et du diamètre moyen des *tubuli*. Il résulte de nos données numériques que le rapport *tubuli/acini* passe en moyenne de 0,53 à 0,81; le diamètre moyen des tubuli, qui est de 38µ chez les ♀ témoins, passe à 45 µ sous l'action des injections de thyroxine.

Lorsque l'on injecte, à des souris femelles de même portée, une dose analogue de thyroxine, mais en y associant cinq injections de 0mg,1 de benzoate de dihydrofolliculine*, l'hypertrophie du segment tubuleux de la glande sous-maxillaire ne se produit pas; le rapport *tubuli/acini* est en moyenne de 0,41, le diamètre moyen des tubuli reste de 37µ,5.

Nos.	Traitement.	*Tubuli/acini.*	Diamètre (µ).
444	Témoin	0,53	38
461	»	0,51	38
445	Thyroxine	0,79	46,5
446	»	0,82	44,5
447	»	0,81	45
448	»	0,82	45
463	»	0,81	45
464	Thyroxine+	0,36	37,6
466	Folliculine	0,40	37,5
467	»	0,51	37,6
468	»	0,38	37,3

On voit donc que le segment tubuleux de la glande sous-maxillaire subit, chez la femelle injectée de thyroxine, une hypertrophie incontestable; cette hypertrophie ne se produit pas si l'on injecte à la fois de la thyroxine et un œstrogène. Ces faits incitent à admettre l'existence d'un antagonisme œstrogènes-thyroxine, se manifestant au niveau du récepteur hormonal qu'est le segment tubuleux de la glande sous-maxillaire. Il y a lieu de remarquer que les œtrogènes déterminent une régression du segment tubuleux chez la Souris mâle ([4]); il s'agit peut-être, dans cette expérience, d'une diminution d'efficacité de la sécrétion thyroïdienne, provoquée par l'œstrone. L'antagonisme folliculine-thyroxine semble d'ailleurs être réciproque, puisque la thyroxine s'oppose à l'action de l'œstradiol sur l'utérus de la Souris ovariectomisée ([5]).

De toute façon, les faits exposés ci-dessus prouvent l'importance de la sécrétion thyroïdienne dans le conditionnement de la morphologie des glandes sous-maxillaires chez la Souris.

([4]) A. Lacassagne, *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 180.

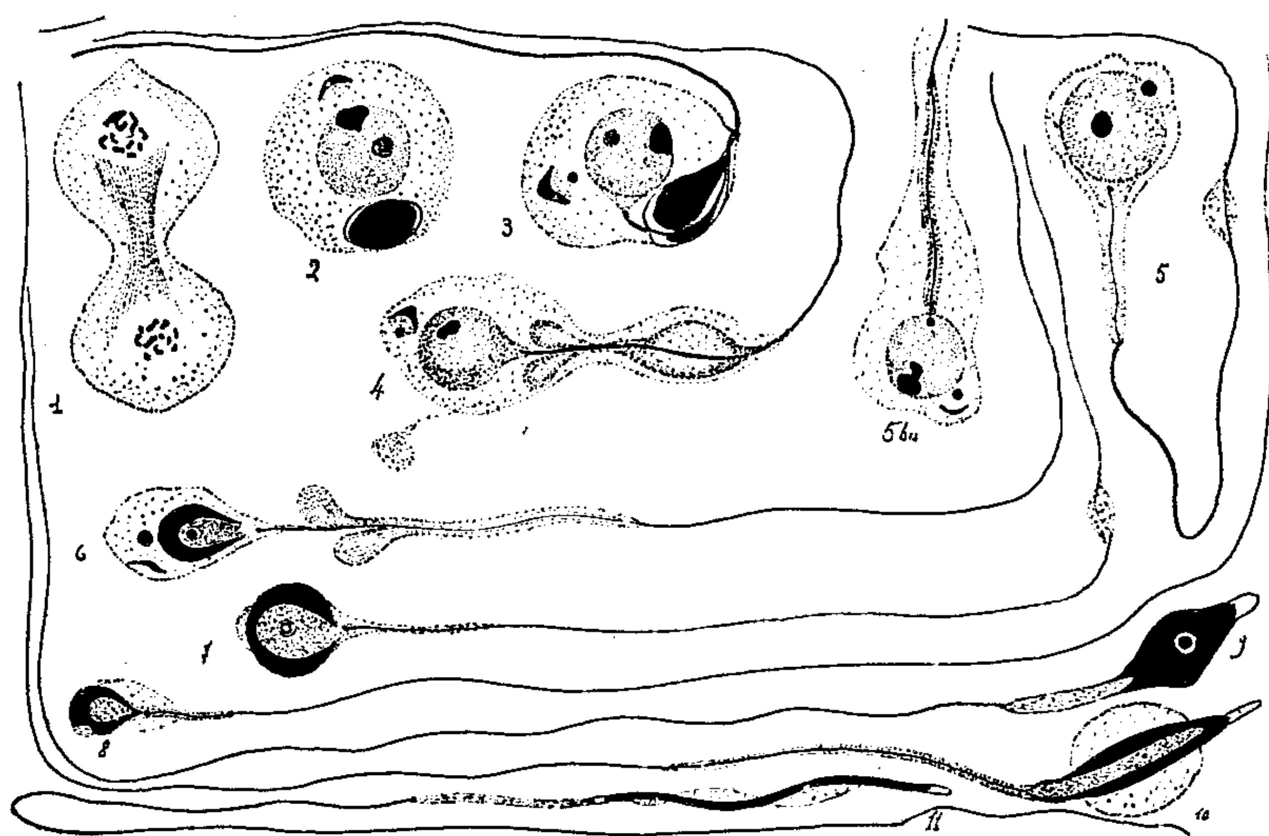
([5]) L. Arvy, *Le Sang*, **16**, 1944, p. 198.

([6]) Benzo-gynœstryl, offert par la maison Roussel.

CYTOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la gamétogenèse des Gryllidæ.* Note de M. **Michel-Charles Durand**, présentée par M. Louis Fage.

Dans le cadre de la cytologie des hybrides interspécifiques chez les Grillidæ, nous avons étudié la spermatogenèse de deux espèces, *Gryllus campestris* et *Gryllus bimaculatus* dont l'hybridation expérimentale a été réalisée ([1]).

Les éléments sexuels de ces deux espèces se caractérisent par la présence de formations fusoriales résiduelles très développées, qui bien après la fin de la télophase relient les cellules filles. A la fin de la deuxième mitose de maturation, les mitochondries sont étroitement appliquées sur les restes fusoriaux, constituant ainsi une masse ovoïde de chondriofusome fortement sidérophile, juxtaposée au noyau, et à l'intérieur de laquelle, seul le Benda très différencié nous a permis de voir les éléments de l'appareil centrosomien. Nous n'avons pas retrouvé dans les stades antérieurs les éléments en V décrits par H. H. Johnson ([2]).



1, restes fusoriaux à la fin de la deuxième mitose de maturation; 2, jeune spermatide. Chondriofusome. Dictyosome. Masse heterochromatique et nucléole; 3 et 4, jeune spermatide. Idiosome et grain proacrosomien. Évolution du chondriofusome et de l'appareil centrosomien; 5 et 5 *bis*, formation de la pièce intermédiaire; 6, 7, 8, 9, 10, évolution de la tête; 11, spermatozoïde mûr : il n'y a pas de membrane ondulante.

Le noyau des spermatides, sphérique et homogène aux colorations courantes, apparaît comme finement granuleux au Feulgen, l'homogénéisation ne se faisant que tardivement. De plus, il se caractérise jusqu'aux premiers stades

([1]) G. Cousin, *Mém. Acad. Sc.*, 64, 1940, p. 213.

([2]) *Zeits. Für Wissen., Zoo.*, 140 Band, 1 Heft, 1931.

de l'involution pycnotique qui conduit à la formation de la tête, par la présence d'une masse hétérochromatique, ovoïde et parfois d'aspect bourgeonnant chez *G. bimaculatus*, plutôt lamellaire et aplatie chez *G. campestris*. Enfin, une granulation pyroninophile persiste très tard dans la tête, où elle finit par ne plus être mise en évidence. Nous l'avons interprétée comme étant de nature nucléolaire.

L'acrosome résulte de la transformation d'un volumineux granule proacrosomien qui se forme très tôt au sein de l'idiosome. Ce dernier provient le plus souvent chez *G. bimaculatus* de l'hypertrophie du dictyosome, tandis que chez *G. campestris*, il provient généralement de la fusion de deux dictyosomes.

Les principaux phénomènes de la spermatogenèse, fondamentalement identiques chez les deux espèces étudiées sont :

Déformation limitée et précoce du noyau qui émet un court prolongement conique à l'extrémité duquel se trouve l'élément centrosomien qui donne naissance au flagelle. Souvent double, ce centrosome se divise encore pour donner naissance à un volumineux centrosome distal. Dans la majorité des cas, le flagelle ou la centrodesmose traverse de part en part la masse mitochondriale. Celle-ci se déforme, se clive longitudinalement, et tout en perdant sa colorabilité, tend à s'écouler le long de la queue qui se développe souvent au sein du cytoplasme. Pendant ce temps l'acrosome se forme et la masse mitochondriale achève de couler le long de la queue, ne laissant à la base du noyau qu'un cône allongé de substance chromophobe.

Les transformations qui affectent le noyau sont, d'abord, une réduction progressive de volume, accompagnée d'une condensation de chromatine granuleuse le long de la paroi. Tout en restant sensiblement sphérique, la tête finit par atteindre le diamètre minimum de $4^{\mu},5$; puis, tandis qu'elle se transforme en un fuseau, dont les extrémités sont respectivement occupées par l'acrosome (à l'intérieur duquel nous n'avons pas vu de centrosome antérieur) et la pièce intermédiaire, la condensation chromatique se fait de façon homogène antérieurement et sur les côtés. Elle respecte une zone axiale où le granule pyroninophile persiste tardivement, mais où il n'y a pas trace de flagelle intranucléaire. Le spermatozoïde mûr présente une tête cylindrique de 28 à 30^{μ} de long sur $1^{\mu},5$ de large, coiffée par un acrosome en cône mousse, et prolongée par une pièce intermédiaire de 15 à 20^{μ} de long. Le flagelle peut atteindre 200^{μ}.

Ce type de spermatogenèse, classique dans l'ensemble, montre cependant certaines particularités méritant d'être signalées, notamment la présence d'un granulé pironinophile dans la tête du spermatozoïde et dont nous espérons établir la nature. En outre, nous n'avons pas jusqu'ici relevé de différences morphologiques notables entre les spermatogenèses de ces deux espèces, fait qui n'est peut-être pas sans rapport avec les possibilités d'hybridation expérimentales qu'elles présentent.

BIOLOGIE. — *Recherches sur le mécanisme déterminant de l'afflux des lymphocytes vers le thymus.* Note (*) de M. **J. Comsa**, transmise par M. Robert Courrier.

De nombreux auteurs ([1]) ont supposé que la charpente épithéliale du thymus attire les lymphocytes. Cette hypothèse a été confirmée par les expériences de Ch. Grégoire ([2]) sur le Cobaye. Il résulte en effet de ces expériences que :

I. Dans le thymus greffé, les lymphocytes disparaissent d'abord et l'organe est très vite réduit à sa charpente épithéliale.

II. Lorsque les connexions vasculaires s'établissent entre le greffon et les tissus environnants, et dans ce cas seulement, les lymphocytes reparaissent dans le greffon et celui-ci reprend sa structure normale.

Grégoire fait observer (*loc. cit.*) que de tous les greffons étudiés, seul le greffon thymique attire les lymphocytes ([3]).

Il semble donc acquis que l'attraction exercée par le thymus sur les lymphocytes est due à la charpente épithéliale. L'acquisition d'une préparation hautement purifiée d'hormone thymique [méthode de Bezssonoff, déjà mentionnée ([4])] permet d'aborder la question de savoir s'il y a une relation entre ce tactisme positif et la sécrétion interne du thymus. Il semble possible, si c'est bien l'hormone thymique qui excerce ce chimiotactisme positif, d'obtenir l'afflux des lymphocytes vers un support artificiel chargé de cette hormone.

La préparation d'hormone thymique utilisée dans cette expérience a été BC XIV, dont il a été déjà question ailleurs ([4]). Des fragments de moelle de sureau sont imprégnés sous vide d'une solution d'hormone. Une fois sèche, la moelle de sureau est découpée en fragments de 10 à 15^{mg}, contenant environ 60 unités-cobaye ([5]) d'hormone par milligramme. Ces fragments sont implantés à 15 cobayes thymiprivés à l'emplacement du thymus enlevé. A titre de témoins, d'autres fragments de moelle de sureau imprégnés d'un sous-produit inactif de la préparation de l'hormone BC XIV ont été implantés de la même manière à un autre lot de 15 animaux.

Autour de l'implantat, il se forme à bref délai un exsudat transparent,

---

(*) Séance du 19 juin 1950.

([1]) W. His, *Zsch. Wiss. Zool.*, **10**, 1861, p. 333; A. Hammarj, *Anat. Ant.*, **27**, 1905, p. 23; W. Dantschakoff, *Verh. Anat. Ges.*, **24**, 1910, p. 70; W. A. Maximov, *Arch. Mikr. Anat.*, **74**, 1912, p. 525; J. A. Badertscher, *Am. j. Anat.*. **17**, 1914, p. 317.

([2]) *Arch. Biol.*, **46**, 1935, p. 717.

([3]) Dans tous les autres cas, l'afflux des lymphocytes ne s'observe que lors de la nécrose du greffon.

([4]) Comsa, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 2061; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **31**, 1949, p. 1035.

([5]) Comsa, *loc. cit.*

légèrement rosé, qui coagule à l'air. Cet exsudat se résorbe dans les 3-4 jours qui suivent. Au bout de 7 jours, l'implantat est entouré d'une coque de tissu conjonctif jeune.

Deux examens ont été pratiqués sur ces pièces :

I. *Examen cytologique de l'exsudat,* coloré au May-Grünwald-Giemsa (des étalements de contrôle sont colorés au Gram, pour exclure les cas où il y avait des microbes quelconques dans l'exsudat). Le taux des lymphocytes est noté en % du total des éléments figurés.

Taux de lymphocytes dans l'exsudat.

Temps depuis l'implantation	24 heures.	48 heures.	72 heures.
Implantat de BC XIV (deux cas éliminés, microbes dans l'exsudat)	55	68	72
	49	74	78
	62	70	84
	60	78	80
	56		
Implantat du sous-produit (trois cas éliminés, microbes dans l'exsudat)	6	12	20
	10	15	26
	12	22	22
	9	19	20

Les autres cellules sont surtout des polynucléaires neutrophiles.

II. *Examen en coupe de l'implantat et du tissu conjonctif environnant.* — Ce tissu est très œdématié au début; il a une consistance de gelée translucide. Au bout de 7 à 10 jours, il est sec et ferme.

L'implantat est infiltré de sérosité acidophile à sa périphérie; dans cette sérosité et dans le tissu environnant, il y a des éléments mobiles de toutes sortes, surtout des polynucléaires et des lymphocytes.

A. Implantats d'hormone BC. — Infiltration très abondante de la moelle de sureau par des cellules qui par endroits remplissent complètement les alvéoles de l'implantat. Dans l'ensemble, les lymphocytes semblent prédominer là où l'infiltrat est très riche en cellules. Dans les alvéoles où l'on ne trouve que quelques cellules, celles-ci sont généralement des polynucléaires. Entre l'implantat et son enveloppe conjonctive, il se trouve une couche de fibrine en réseau très serré; dans les mailles de ce réseau et quelquefois dans le tissu conjonctif même on observe par endroits de vraies coulées de lymphocytes. Enfin, dans les couches périphériques de l'enveloppe, il se produit une prolifération intense de fibroblastes à partir du 2e jour après la greffe.

B. Implantats du sous-produit. — La moelle de sureau est toujours imprégnée de sérosité. Dans cette sérosité, les cellules sont nettement moins nombreuses et les polynucléaires prédominent de loin. Nous n'avons jamais vu ces interstices bourrés de lymphocytes que nous avons remarqués dans le cas I. La réaction fibroblastique est la même dans les deux cas.

En somme dans le cas où l'implantat est imprégné de la fraction active du thymus, et dans ce cas seulement, les lymphocytes prédominent de loin parmi les cellules de l'infiltration qu'il provoque. L'afflux des lymphocytes vers le thymus semble donc bien lié à la présence de l'hormone thymique B. C.

BIOLOGIE. — *Suppléance de la méthionine à l'égard de la vitamine* B_{12} *dans la réfection pondérale de l'inanition protéique. Supériorité des extraits antipernicieux sur la vitamine* B_{12} *dans la réparation de l'érythropoïèse.* Note de MM. **Alexandre Aschkenasy** et **Philippe Pariente** (1), présentée par M. Robert Courrier.

L'un de nous a montré antérieurement (2) que la réfection de rats inanitiés par un régime protéiprive, était considérablement accélérée par des extraits hépatiques antipernicieux, mais que cette activation s'observait surtout avec un régime de réparation pauvre en protéines (7 % de caséine) et qu'elle faisait défaut en présence de 15 % de caséine. Nous avons émis l'hypothèse qu'un ou plusieurs acides aminés dont surtout la méthionine, pouvaient suppléer aux extraits hépatiques. La présente Note confirme cette hypothèse en montrant que la méthionine à elle seule est suffisante pour suppléer à l'action anabolisante de la vitamine B_{12}.

34 rats ♂ de 160-170^{g} reçoivent un régime privé de protéines (3) jusqu'à ce que leur poids se trouve réduit de 45 % et que leur taux érythrocytaire tombe au-dessous de $5,5.10^6$ (contre 7 à 8.10^6 au départ). Ils sont alors soumis pendant 40 jours à un régime de réparation ne comportant que 7 % de caséine dévitaminée, 6 rats servent de témoins, 7 reçoivent en plus 0,3 % de DL-méthionine, 6 rats, 1$^{\mu g}$ par jour de *Rubramine per os*, 7 rats, à la fois de la méthionine et de la vitamine B_{12}. Enfin 8 animaux reçoivent de l'extrait hépatique (0$^{cm^3}$,5 par jour de Ficarmone *per os*). Les animaux sont pesés et examinés tous les 5 jours au point de vue hématologique, tous les examens étant faits en double.

Résultats. — 1. *Réparation du poids.* — Les rats à la vitamine B_{12} se réparent bien plus vite que les témoins : les poids des groupes sans et avec vitamine B_{12}

(1) Avec la collaboration technique de Mme Andrée Lacaze.

(2) A. Aschkenasy, P. Aschkenasy-Lelu et G.-J. Rolland, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1451.

(3) Saccharose 79,3, dextrine 10, huile d'olive 5, mélange salin d'Orent 5,7; acide ascorbique 2^{cg},5; vitamine B_1, 1^{mg}; B_2, 2^{mg}; PP, 2^{cg}; B_6, 2^{mg}; pantothénate de Ca, 3^{mg}; inositol, 6^{cg}; biotine 20$^{\mu g}$; vitamine, E, 1^{mg}; vitamine K, 1^{mg}; vitamines A et D, chlorure de choline, 50^{cg}. Pas d'acide ptéroylglutamique.

sont au départ de la réfection de $85^{g} \pm 2,9$ [1] et $90^{g},3 \pm 2,6$; les moyennes du 41e jour sont de $134^{g},8 \pm 5,1$ respectivement $154^{g},1 \pm 2,2$ (rapport critique 3,4).

Les moyennes obtenues avec l'extrait hépatique (poids de départ $91^{g},0 \pm 3,1$; poids du 41e jour $154^{g},5 \pm 5,5$) sont analogues à celles notées avec la vitamine B_{12}.

Avec la méthionine comme seul supplément, la reprise pondérale dépasse de beaucoup celle des groupes précédents : $88^{g},5 \pm 3,5$ au départ; $176^{g},5 \pm 5,7$ le 41e jour.

L'adjonction de vitamine B_{12} à la méthionine n'exerce aucune action stimulante supplémentaire : $88^{g},4 \pm 3,4$ au départ de la réparation; $179^{g},5 \pm 6,5$ après 40 jours.

2. *Réparation de l'hématopoïèse* — Même les rats témoins réussissent à normaliser leurs taux érythrocytaires au bout de 40 jours [1er jour : $(5,45 \pm 0.19).10^{6}$; 41e jour : $(8,35 \pm 0,19).10^{6}$].

Seule l'hémoglobine reste au-dessous de la normale : 1er jour de la réparation : $8^{g},19 \pm 0,34$; 41e jour : $11^{g},98 \pm 0,44$; taux d'avant l'inanition protéique : $13^{g},36 \pm 0,27$.

Ni la vitamine B_{12}, ni la méthionine n'influencent l'évolution des taux érythrocytaires, mais elles accélèrent, chacune, la régénération de l'hémoglobine (chiffres terminaux : $12^{g},41 \pm 0,36$ respectivement $12^{g},89 \pm 0 31$). L'association des deux substances améliore encore le résultat final ($13^{g},26 \pm 0,36$).

L'extrait hépatique est plus efficace que la vitamine B_{12} seule, car il accélère la normalisation aussi bien des érythrocytes [$(8,79 \pm 0,17).10^{6}$ après 40 jours contre $(5,40 \pm 0,13).10^{6}$ au départ] que de l'hémoglobine ($13^{g},19 \pm 0,28$ après 40 jours contre $7^{g},79 \pm 0,28$ au départ).

Les décharges réticulocytaires et érythroblastiques du 6e jour de réparation [2] sont, elles aussi, plus prononcées avec l'extrait hépatique (moyennes de 23,3 % de réticulocytes et de 3 500 érythroblastes sanguins par millimètre cube) que chez les témoins (17,2 % respectivement 820 par millimètre cube), et même que chez les rats avec la vitamine B_{12} (18,3 % et 2400 par millimètre cube) ou avec la méthionine (17,7 % de réticulocytes et 1700 érythroblastes par millimètre cube).

Les chiffres terminaux de l'hématocrite les plus élevés sont notés avec la méthionine, seule, ($45,0 \pm 1,0$) ou associée à la vitamine B_{12} ($44,7 \pm 1,3$). Cette dernière et l'extrait hépatique donnent des chiffres qui sont plus bas mais semblables entre eux ($43,6 \pm 0,7$ et $43,6 \pm 1,0$). La moyenne terminale des témoins est $42,2 \pm 1,6$.

---

(1) Erreur standard :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n(n-1)}}.$$

Conclusions. — La vitamine B_{12} n'est anabolisante chez des rats protéiprives que si leur régime de réparation est pauvre en caséine et, de ce fait, insuffisamment pourvu en méthionine. L'action de la vitamine ne se manifeste plus, lorsque cet acide aminé est ajouté au régime en quantité suffisante.

Ainsi le mécanisme de l'action anabolisante paraît être le même pour les deux substances, cette action étant toutefois plus accusée pour la méthionine (du moins dans les proportions essayées). Il ne s'agit pas d'un processus de transméthylation simple car le régime de base de nos rats comportait de la choline.

A l'opposé de l'action anabolisante, l'action hématopoiétique de la vitamine B_{12} semble indépendante de celle de la méthionine, car les deux substances données ensemble sont plus efficaces que chacune séparément.

La supériorité purement hématologique de l'extrait hépatique sur la vitamine B_{12} prouve que cet extrait contient encore un autre facteur spécifiquement hématopoiétique, comme cela semble résulter d'ailleurs d'autres travaux expérimentaux.

BIOCHIMIE. — *Répartition et utilisation du phosphore dans la glande mammaire de la Rate en lactation.* Note (*) de M. **Joseph Sternberg**, transmise par M. Robert Courrier.

La recherche du mécanisme de l'élaboration des constituants phosphorés du lait implique la connaissance des modifications biochimiques qui se produisent dans la cellule mammaire. En vue de préciser le rôle respectif du noyau et du cytoplasme, nous avons étudié la répartition et la vitesse d'utilisation du phosphore exogène dans la glande mammaire et le lait de la Rate en lactation, après administration de radiophosphore minéral.

Des rates en lactation, pesant entre 250 et 280^g, ont reçu par voie sous-cutanée une dose de 1 millicurie de P^{32} sous forme de solution PO_4Na_2H. Les animaux ont été sacrifiés 24 heures après l'injection et le phosphore minéral acido-soluble, lipidique, protéique et nucléoprotéique a été dosé dans la glande mammaire, le lait et d'autres organes témoins : le foie pour les lipides ([1]), la rate pour les nucléoprotéides ([2]). La radioactivité de chaque fraction phosphorée a été mesurée en s'inspirant de la technique de Mc Carter et Steljes ([3]).

Les résultats de nos constatations peuvent être résumés de la manière suivante (*fig.* 1 et 2) :

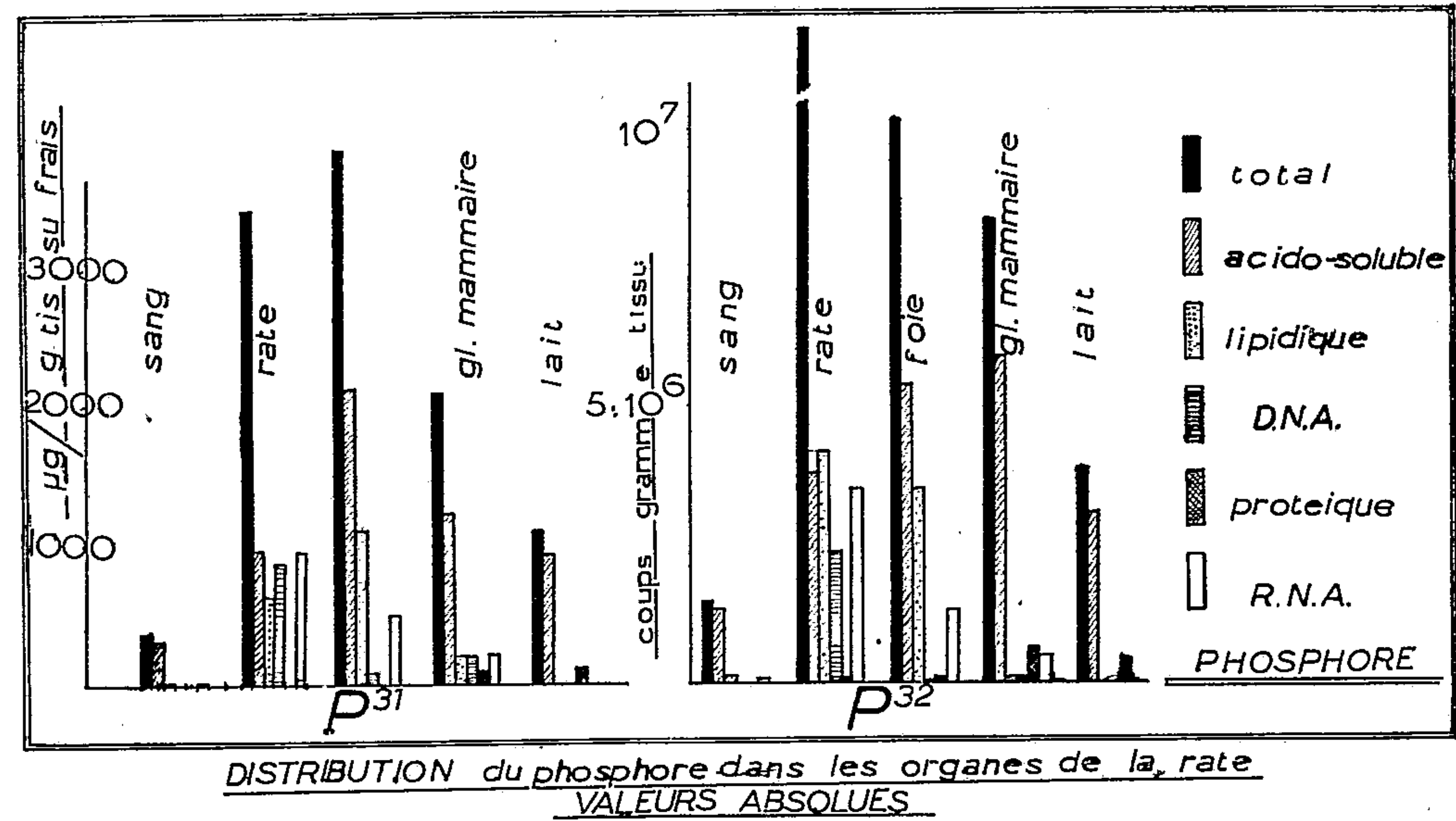
(*) Séance du 19 juin 1950.

([1]) Technique inspirée de G. Hevesy, in *Radioactive Indicators*, p. 281, Interscience Publishers, New-York, 1948.

([2]) Technique de G. Schmidt et S. J. Thannhauser, *J. Biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 83.

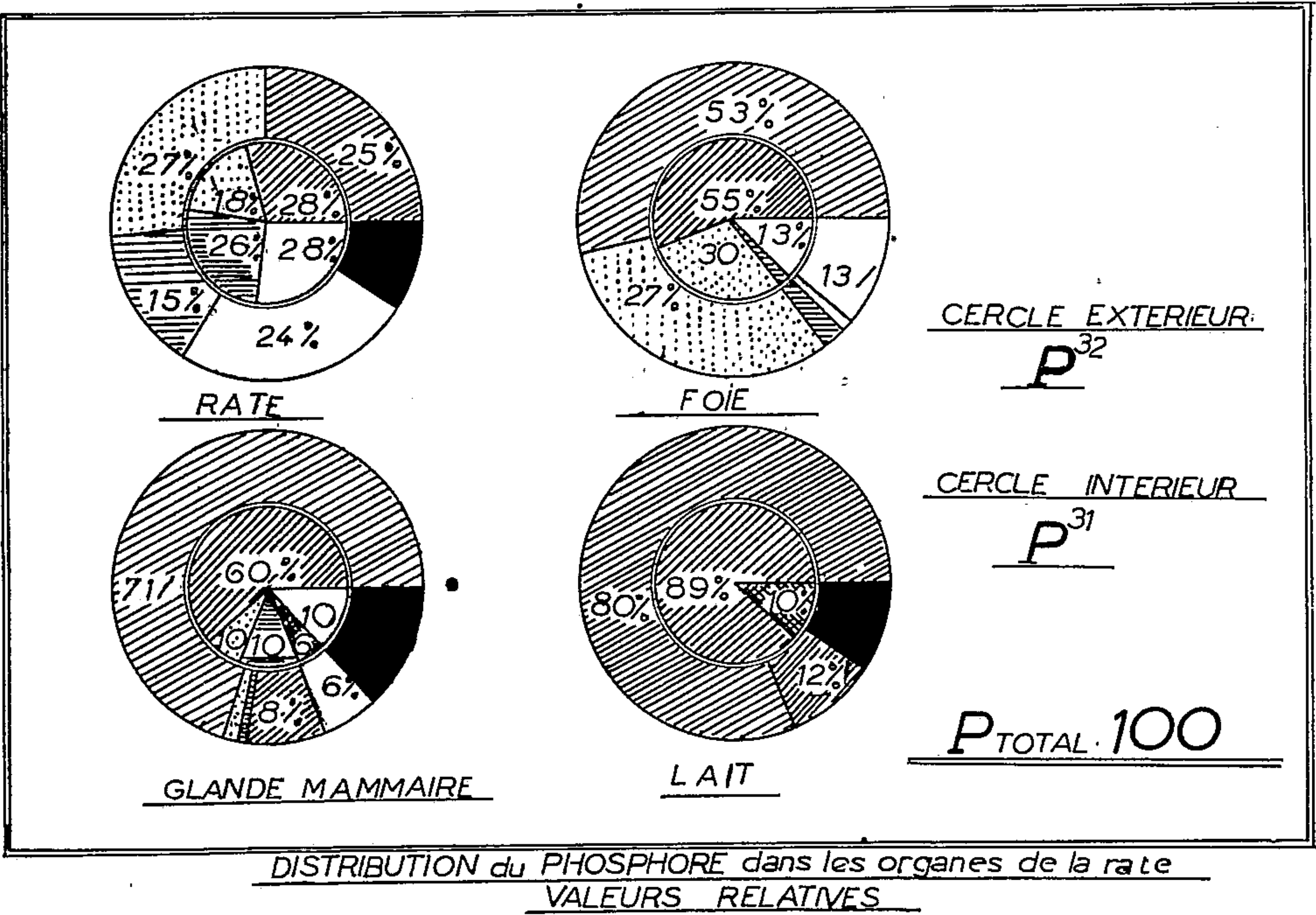
([3]) *Canadian J. Res.*, E. **26**, 1948, p. 333.

1° Le phosphore protéique est également réparti dans la glande mammaire et dans le lait, 120 μg/g de produit frais.



DISTRIBUTION du phosphore dans les organes de la rate
VALEURS ABSOLUES

Fig. 1.



DISTRIBUTION du PHOSPHORE dans les organes de la rate
VALEURS RELATIVES

Fig. 2.

2° L'activité spécifique est du même ordre de grandeur dans les deux cas, ce qui fait supposer que la vitesse d'utilisation du phosphore minéral dans

la synthèse de la protéine phosphorée mammaire est égale à sa vitesse d'intégration dans la caséine du lait.

3° Les fractions nucléoprotéiques de la glande mammaire sont sensiblement égales, en moyenne 200 µg de phosphore ribonucléique et de phophore désoxyribonucléique par gramme de tissus frais.

4° Par contre, les activités spécifiques sont nettement différentes, celle du phosphore désoxyribonucléique étant dix fois moins grande que celle du phosphore ribonucléique. L'activité spécifique du phosphore ribonucléique est du même ordre de grandeur que celle des autres fractions de la glande mammaire et celle des autres organes étudiés.

5° Dans les conditions de l'expérience, il n'a pas été possible de mettre en évidence la présence de phosphore nucléoprotéique dans le lait.

6° Le phosphore lipidique de la glande mammaire atteint le taux de 200 µg/g de tissu frais, soit environ 10 % de la quantité totale de phosphore contenue dans la glande. Son activité spécifique, plus faible que celle des autres fractions, est du même ordre de grandeur que celle du phosphore désoxyribonucléique.

Conclusions. — Il résulte de ces faits que le phosphore exogène est utilisé dans la synthèse des nucléoprotéides constitutifs du tissu mammaire, mais il est intégré dans l'acide désoxyribonucléique à une vitesse plus faible que dans l'acide ribonucléique.

Cette différence qui conduit à penser que les constituants phosphorés du noyau sont plus stables que ceux du cytoplasme glandulaire, est en faveur d'une participation prépondérante du cytoplasme dans l'élaboration du produit de sécrétion. Tout se passe comme si le lait était excrété comme une entité, quand le rapport nucléo-plasmatique a atteint une certaine valeur.

HISTOCHIMIE. — *Sur la dualité histochimique des glandes tégumentaires de quelques Annélides polychètes et sur la présence de ribonucléides pyroninophiles dans les mucocytes.* Note de M. **René Defretin**, présentée par M. Louis Fage.

L'examen cytologique et histochimique des glandes tégumentaires de quelques Polychètes tubicoles montre qu'elles peuvent se ramener à deux catégories. Les unes présentent des ribonucléines périnucléaires et sécrètent un mucus vrai, les autres énergiquement fuchsinophiles sont rebelles aux réactifs habituels des mucines.

A la suite des travaux descriptifs sur les Polychètes (Ehlers, Claparède, etc.), la structure de leurs glandes tégumentaires et leur affinité pour divers colorants ont souvent motivé leur classification en multiples catégories (Soulier, Fauvel, Gravier, Caullery et Mesnil, etc.). Chez diverses espèces

de Nereis nous avons antérieurement montré qu'elles se ramenaient à deux types doués de caractères histochimiques opposés ([1]).

L'examen de diverses espèces de Polychètes tubicoles entrepris depuis, nous montre que cette dualité glandulaire s'observe, non seulement chez les Néréidiens, mais aussi chez des Polychètes appartenant à des familles très différentes.

Chez *Spirographis Spallanzanii* les glandes à la base de la collerette et celles des boucliers ventraux sont d'authentiques mucocytes; celles rassemblées au sommet de la collerette, au niveau des lobes, sont bourrées de grains fuchsinophiles. Les premières, avides de mucicarmin, métachromatiques, montrent autour de leur noyau des ribonucléines pyroninophiles; le mucus sécrété provoque une métachromasie jaune orangé de la pyronine, métachromasie qui apparaît même après le traitement à la ribonucléase selon Brachet ou après l'hydrolyse à l'acide chlorhydrique selon Vendrely-Randavel. Par contre le cytoplasme et la sécrétion des glandes fuchsinophiles restent rebelles à ces réactifs.

Nous avons également retrouvé chez des Nereis tubicoles (*N. irrorata*, *N. pelagica*) la même pyroninophilie des glandes métachromatiques décrites antérieurement, tandis que la réaction s'avère négative pour les glandes fuchsinophiles.

Chez *Hyalinœcia tubicola* (famille des Euniciens) les importants massifs glandulaires aboutissant aux boucliers ventro-latéraux et s'étendant profondément jusqu'au voisinage du tube digestif, présentent aussi deux catégories glandulaires, ici entremêlées. Les glandes azurophiles, métachromatiques, colorables par le mucicarmin, sont également pyroninophiles. Elles sont très clairsemées dans les amas décrits ci-dessus; on en trouve disséminées dans l'épiderme et il en existe deux petits massifs superficiels au-dessus de la partie latérale du muscle longitudinal dorsal et à la naissance du parapode. Les glandes à grains fuchsinophiles constituent, par contre, la presque totalité du volumineux appareil glandulaire. A l'état de repos ces dernières sont légèrement azurophiles et nous y avons observé les divers stades de la sécrétion acidophile; mais, quel que soit leur stade sécrétoire, elles ne sont jamais pyroninophiles et donnent toujours des résultats négatifs en présence des réactifs des mucines.

Nous avons recherché comparativement quel était le comportement des glandes chez le Polychète errant *Phyllodoce laminosa* dont l'abondant mucus ne durcit pas. Gravier ([2]) a décrit dans les cirres foliaires dorsaux et ventraux des groupes de glandes à mucus et des sacs de forme variable remplis de granulations sphériques. Pour les premières, ainsi que pour les glandes isolées

---

([1]) *Ann. Inst. Océan.*, 24, 1949, p. 231.
([2]) *Thèse Sciences*, Paris, 1896.

de l'épiderme, nous avons retrouvé les caractères histochimiques signalés chez les espèces précédemment citées et noté le virage métachromatique de la pyronine. Les sacs sont eux aussi de nature glandulaire et nous en avons vu s'ouvrir à la surface du tégument; mais les grains sécrétés n'ont aucune avidité pour les réactifs du mucus; ils ne présentent, en outre, qu'une fuchsinophilie extrêmement faible et restent le plus souvent incolores. Ils sont vraisemblablement doués de propriétés très différentes de celles des grains acidophiles des espèces tubicoles.

Ces résultats préliminaires nous montrent que chez les Polychètes examinés seuls les véritables mucocytes contiennent des ribonucléines pyroninophiles et que le virage métachromatique de la pyronine constitue dans ce cas un critère de l'authenticité du mucus sécrété. Signalons d'ailleurs que l'hydrolysat du groupement prosthétique de la mucine du tube de *Pectinaria belgica* soumis à l'analyse chromatographique nous a montré la présence de ribose. Il existe, d'autre part, des glandes tégumentaires énergiquement fuchsinophiles mais rebelles aux réactifs des mucines. Nous présumons que ces dernières pourraient jouer un rôle dans le durcissement des mucoprotéides entrant dans la constitution des tubes.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur une Ménispermacée du Japon : le* Stephania cepharantha *Hayata et sur son activité bactériostatique vis-à-vis du Bacille de Koch.* Note de MM. **René Paris** et **Albert German**, présentée par M. René Souèges.

La racine de *Stephania cepharantha*, Ménispermacée du Japon, contenant divers alcaloïdes et en particulier la cépharanthine, exerce une actiou bactérostatique vis-à-vis du Bacille de Koch; la plante et la cépharanthine sont, par contre, peu toxiques pour les Mammifères (Souris).

Le *Stephania cepharantha* Hayata est une liane spontanée au Japon et à Formose contenant des alcaloïdes, voisins de ceux des *Cocculus*, appartenant au type biscoclaurine (bisbenzylisoquinoléine) étudiés par divers auteurs japonais et notamment par Kondo et Tomita (1) qui, à partir de la racine, ont pu séparer quatre bases : isotétrandrine, berbamine, méthylisochondrodendrine et cépharanthine.

Au cours de recherches sur des végétaux doués de propriétés antitoxiques, Hasegama, de Tokio, mit en évidence, en 1940, non seulement l'action neutralisante du *Stephania cepharantha* vis-à-vis des venins, mais aussi l'action bienfaisante, chez l'animal, dans la lèpre et la tuberculose. Des expériences ultérieures montrèrent que le principe actif était surtout constitué par la cépharanthine qui, ces dernières années, fut essayée au Japon en clinique, par voie buccale, à des doses de 0,1 à 1^{mg} dans divers cas de tuberculose, dans la lèpre et même

---

(1) *J. Pharm. Soc. Japan*, 58, 1938, p. 276.

dans la coqueluche ([2]). Ayant pu nous procurer une petite quantité de racines de *Stephania cepharantha*, nous avons essayé de déterminer la toxicité chez les Mammifères et l'action *in vitro* sur le Bacille de Koch de la poudre de racine et de la céphoranthine.

La drogue se présente sous forme de rondelles d'environ 5^{mm} d'épaisseur et de 4 à 5^{cm} de diamètre; la surface extérieure est brunâtre, rugueuse; l'intérieur assez spongieux, gris blanchâtre, comporte des zones concentriques légèrement saillantes et irrégulières, la saveur est amère.

La poudre de racine, examinée au microscope, montre l'existence de nombreux grains d'amidon, petits et arrondis, de fragments de suber, de cellules scléreuses et de débris de vaisseaux surtout rayés et ponctués. Cette poudre contient 0,45 % d'alcaloïdes totaux (évalués par la méthode pondérale en utilisant comme solvant le mélange éthéro-chloroformique et l'ammoniaque pour déplacer les bases, celles-ci étant purifiées par passage en milieu chlorhydrique).

La céphoranthine qu'on peut séparer des alcaloïdes totaux en utilsant la méthode de Kondo et Tamita ([1]), se présente sous forme d'une poudre cristalline jaune F 158° (bloc Maquenne), donnant des solutions violettes en milieu acide, une coloration bleu vert avec l'acide gallique en milieu sulfurique (R. de Labat caractérisant le groupement méthylènedioxy). La toxicité a été déterminée chez la Souris blanche par voie sous-cutanée, la dose léthale 50 % est voisine de 10^g pour la poudre de racine et de 1 g/kg pour la céphoranthine base, la dose mortelle 100 % étant d'environ 15^g pour la racine et de $1^g,25$ pour l'alcaloïde.

Il a été ensuite procédé à la détermination du pouvoir bactériostatique vis-à-vis du Bacille tuberculeux (*Mycobacterium tuberculosis* var. *hominis* souche Lainé). Les solutés ont été stérilisés par passage sur filtre d'Iénâ en verre fritté G5, le milieu utilisé étant celui de Sauton additionné aseptiquement de 1/30 de son volume de sérum de Cheval (Solomides); la suspension utilisée était constituée par une culture d'un mois à + 37°, agitée fréquemment, dans 10^{cm^3} de milieu Sauton-sérum, de $0^{cm^3},10$ d'une culture précédente, dans ce milieu, de *M. tuberculosis*. Dans ces conditions, on obtient une culture grumeleuse caractéristique nettement visible en 15 à 20 jours.

Dans une série de tubes contenant 9^{cm^3} de milieu de Sauton stériles ont été ajoutés aseptiquement $0^{cm^3},30$ de sérum filtré de Cheval, des quantités croissantes d'un infusé à 5 % de racine de *Stephania cepharantha* ou d'acétate de céphoranthine, 1/10 de centimètre cube de la suspension de Bacille tuberculeux, enfin des quantités variables d'eau distillée stérile pour compléter à 10^{cm^3}.

Il a été ainsi mis en évidence que la poudre, employée sous forme d'infusé,

([2]) *Japonese Journ. of exp. Med.*, 20, 1949, p. 69.

inhibait la croissance du Bacille tuberculeux à la dose de 1/900, tandis que la cépharanthine (solubilisée sous forme d'acétate) avait un pouvoir bactériostatique voisin de 1/50000. La racine de *Stephania cepharantha* et la cépharanthine, peu toxiques pour la Souris, exercent donc, *in vitro* et à faible dose, une action nocive sur le Bacille de Koch. Cette drogue mériterait donc d'être essayée en clinique en France.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Comparaison entre différents tests pour le diagnostic de la* Fièvre Q, *réactions allergiques, fixation du complément et agglutination des rickettsies.* Note de MM. **Paul Giroud** et **Jean Jadin**, présentée par M. Émile Roubaud.

La réaction d'hypersensibilité est un test clinique d'infection ancienne pour la fièvre Q..Elle peut être contrôlée par la fixation du complément et les réactions de micro-agglutination.

Pour cet essai comparatif, nous avons choisi les habitants d'une colline [colline de Musha, située aux environs d'Astrida, Ruanda-Urundi (Congo Belge)] où l'un de nous, Jadin, avait pu assister, en novembre 1949, à une épidémie particulière et avait isolé, sur cobaye, une souche provoquant l'agglutination spécifique de *R. burneti*. Les taux constatés étaient en effet de 1 : 640.

Cette région est impaludée comme les autres collines environnantes, mais, pendant plusieurs mois, on y a vu se surajouter des affections pulmonaires à évolution rapide.

Le Ruanda est un pays de pasteurs, faisant surtout l'élevage de bovins, mais aussi des moutons et des chèvres. Les jeunes animaux habitent le plus souvent des huttes de paille, parfois de pisé, où une simple couche, disposée à un mètre du sol, reçoit pendant la nuit les pasteurs et leur famille. Ce contact intime des humains avec des animaux très parasités par des tiques : *Hyalomma variegatum* et *Hæmaphysalis leachi*, permet facilement d'expliquer les transmissions de diverses affections.

Agglutination des rickettsies. — Sur les 18 sujets examinés, huit africains adultes agglutinaient *R. burneti*, soit à 1 : 320, soit à 1 :640. Ces taux, pour nous, sont indiscutables et permettent un diagnostic de certitude puisque ce sont les taux que l'on peut constater au cours des infections expérimentales provoquées par cette souche. La technique utilisée par nous, pour ce diagnostic, est celle des micro-agglutinations sur lame de P. et M. L. Giroud.

Fixation du complément. — Nous avons cherché à fixer l'antigène sur le sérum, soit à 4°, soit à la température ambiante. Dans certains cas, la lecture de la réaction n'a été faite qu'après une nuit à 4° C.

Cinq sérums sur quinze donnent des résultats positifs vis-à-vis de l'antigène

de la fièvre Q, au 1 : 160, 1 : 320, 1 : 640; deux sont anticomplémentaires. Quoique moins sensible que l'agglutination des rickettsies, la fixation du complément a donc donné aussi des résultats positifs.

Réactions d'hypersensibilité. — L'antigène cultivé sur membrane vitelline, est broyé et préparé par agitation en liquide non miscible; ce liquide dilué, dans la proportion d'une membrane vitelline pour 60^{cm^3} d'eau physiologique, est inoculé à la dose de $0^{cm^3},1$ dans le derme de l'avant-bras de sujets ayant fait une maladie contrôlée, d'une part, par l'agglutination des rickettsies, de l'autre par la déviation du complément. On constate des réactions cutanées du type allergique, comme celles que l'un de nous a décrites, en 1941, chez des sujets ayant fait des typhus exanthématiques typiques. Ces réactions représentent des tests d'immunité, puisque de tels sujets sont immuns vis-à-vis des infections expérimentales.

Les réactions locales débutent vers la 5e heure, atteignent généralement leur maximum vers la 24e ou 48e heure, pour disparaître vers la 96e. Cependant ces réactions peuvent être parfois plus tardives, comme du reste on a l'habitude de le constater avec d'autres antigènes appliqués par voie cutanée ou injectés dans la peau.

En utilisant ce test avec des antigènes de la fièvre Q, onze sujets sur seize ont présenté des réactions dont la dimension linéaire pouvait atteindre 40 à 50^{mm} et qui, au plissement, avaient 10 à 12^{mm}. La réaction peut faire défaut chez des sujets présentant un état d'amaigrissement marqué ou chez les sujets âgés.

En résumé, les différents tests utilisés se contrôlent les uns par les autres, pour affirmer le diagnostic de la fièvre Q.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

R. C.

FIN DU TOME DEUX-CENT-TRENTIÈME.

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1950.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 230.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Y

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

J

M

N

O

P

S

U

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

140354-52